BIOS 3

Ympäristöekologia

Päivi Happonen
Mervi Holopainen
Panu Sotkas
Antero Tenhunen
Marja Tihtarinen-Ulmanen
Juha Venäläinen

Sanoma Pro Oy
Helsinki

Tiedustelut
Sanoma Pro Oy, Helsinki
puh. 020 391 000
sähköposti: asiakaspalvelu@sanomapro.fi

www.sanomapro.fi

Kustantaja: Sanoma Pro Oy
8., uudistettu painos, 2013

Tämä aineisto on digitaalinen
rinnakkaisversio tuotteesta
ISBN 978-952-63-1068-8
BIOS 3. Ympäristöekologia.

6 kk lisenssi
ISBN 978-952-63-3007-5

48 kk lisenssi
ISBN 978-952-63-3008-2

Toimitus: Johanna Kainu
Ulkoasu: Timo Lagerkrans
Taitto: Jaana Rautio / Gravision
Kuvitus: Pekka Könönen / Picman Oy,
Kauko Kyöstiö / Spatio Oy ja Sole Lätti
Kuvatoimitus: Anita Kokkila

© Päivi Happonen, Mervi Holopainen, Panu Sotkas, Antero Tenhunen, Marja Tihtarinen-Ulmanen, Juha Venäläinen ja Sanoma Pro Oy

Kopiointiehdot

Tämä teos on oppikirja, joka on suojattu tekijänoikeuslailla (404/61).

Tämän teoksen tai sen osan valokopiointi, skannaaminen tai muu digitaalinen kopiointi tai käyttö edellyttää oikeudenomistajan luvan.

Kopiosto ry myöntää teosten osittaiseen kopiointiin lupia. Tarkistakaa, mitkä valokopiointi- ja digiluvat ovat kohdallanne voimassa. Lisätietoja luvista www.kopiosto.fi

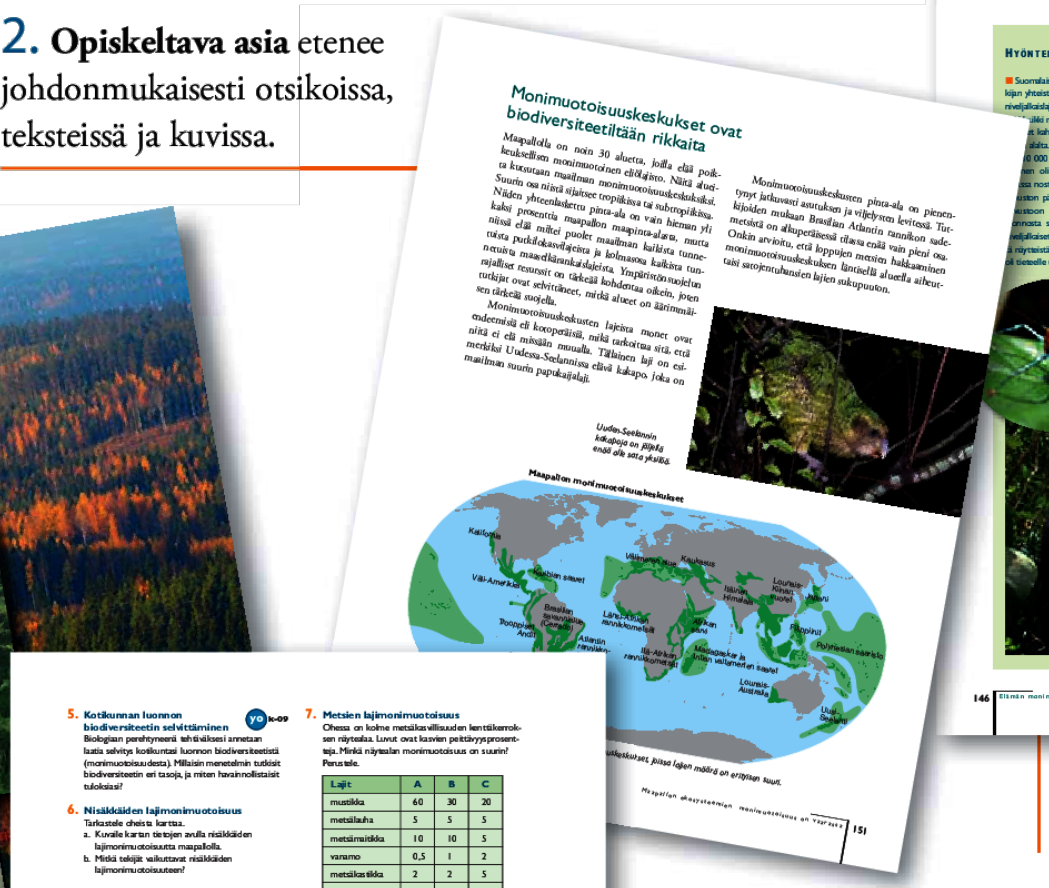
Teoksen tai sen osan muuntelu on kielletty.

Näin käytät tätä kirjaa

BIOS 3. Ympäristöekologia on opetussuunnitelman perusteiden mukainen oppikirja lukion syventävälle biologian kurssille.

1. Kirjassa on **kolme jaksoa**; **I Ympäristöekologia tarkastelee ihmisen vaikutusta luontoon**, **II Häiriöitä aineiden kierrossa** ja **III Elämän monimuotoisuus ja sen tulevaisuus**. Jaksojen **aloitusaukeamilla** kerrataan jo aikaisemmin biologian opinnoissasi tutuksi tulleita käsitteitä ja aihepiirejä. Lukujen otsikoiden avulla pystyt hahmottamaan jakson punaisen langan. Aloitusaukeaman kysymykset johdattavat sinut uusiin asioihin.

2. **Opiskeltava asia** etenee johdonmukaisesti otsikoissa, teksteissä ja kuvissa.


Monimuotoisuuskeskukset ovat biodiversiteetiltään rikkaita

Maapallolla on noin 30 aluetta, jotka ovat poikkeuksellisen monimuotoisen eliöstönsä vuoksi. Näitä alueita kutsutaan maailman monimuotoisuuskeskuksiksi. Suurin osa niistä sijaitsee trooppisissa tai subtrooppisissa. Niiden yhteenlaskettu pinta-ala on vain hieman yli kaksi prosenttia maapallon maapinta-alasta, mutta niissä elää miltei puolet maailman kaikista tunnetuista putkilokasvilajeista ja kolmasosa kaikista tunnetuista maaselkärankaislajeista. Ympäristönsuojelun rajalliset resurssit on tärkeää kohdentaa oikein, joten tutkijat ovat selvittäneet, mitkä alueet on ääriimmäisen tärkeät suojella.

Monimuotoisuuskeskusten lajeissa monet ovat endeemisiä eli kooperäisiä, mikä tarkoittaa sitä, että niitä ei elä missään muualla. Tällainen laji on esimerkiksi Uudessa-Seelannissa elävä kakapo, joka on maailman suurin papukaijalaji.

Monimuotoisuuskeskusten pinta-ala on pienentynyt jatkuvasti asutuksen ja viljelyksen levitessä. Tutkijoiden mukaan Brasilian Atlantin rannikon sademetsistä on alkuperäisessä tilassa enää vain pieni osa. Onkin arvioitu, että loppujen metsien hakkaaminen monimuotoisuuskeskusten läntisellä alueella aiheuttaisi satojentuhansien lajien sukupuuton.

Uudessa-Seelannissa kakkoja on jäljellä enää alle sata yksilöä.

Monimuotoisuuskeskukset, joissa lajien määrä on erityisen suuri.

Maapallon ekosysteemien monimuotoisuus on vaarassa

151

Hyönteistutkimusta Panamassa

Suomalais tutkija Tomas Roslin oli mukana yli sadan tutkijan yhteistyössä, jossa selvitettiin Panaman sademetsän niveljalkaislajien lukumäärää. Kansainvälinen tutkijaryhmä keräsi maaperän, kasvien ja puiden latvustojen niveljalkaislajeja kahdelta tasolta näytealoilta, yhteensä puolen hehtaarin alalta. Kaikkiaan tutkijat keräsivät eri menetelmillä yli 50 000 niveljalkaista. Erityisesti latvuston lajien tutkimus oli haastavaa. Tutkimuksessa käytettiin muun muassa nostokurkea, suuria helikopteria ja helikopterilla latvuston päälle asetettavaa jättimäistä verkkoa. Lisäksi latvuston suihkutettiin selkärangattomiin vaikuttavaa, ihmisille ja ympäristölle vaarattomia myrkkyjä, pyretriiniä, joka sai niveljalkaiset putoamaan alas. Tutkijat tunnistivat kerätyistä näytteistä 6 144 lajia, joista arvioita kalsi kolmasosaa tieteelle uusia.

Näytealojen perusteella laskettiin, että koko 6 000 hehtaarin laajuisella suojelualueella elää noin 25 000 niveljalkaislajia. Samanlaista laskentatapaa voidaan käyttää arvioitaessa muidenkin laajojen alueiden lajimääriä. Näin ei tarvitse tutkia koko aluetta, vaan voidaan keskittyä pienempiin alueisiin. Tutkijat havaitsivat myös, että hyönteis- ja kasvilajien määrät ovat yhteydessä toisiinsa. Tätäkin havaintoa voi käyttää hyväksi arvioitaessa tietyn alueen lajimääriä. Alueelta voidaan laskea kasvilajien määrä ja arvioida sen perusteella niveljalkaisten määrä.

Myös Suomen metsien hyönteislajiston kartoittamisessa on käytetty vastaavaa menetelmää esimerkiksi Lieksassa ja Kuhmoisissa. Kartoituksessa löydettiin uusia, ennen nimeämättömiä hyönteislajeja.

146 Elämän monimuotoisuus ja sen tulevaisuus

3. Kiinnostavaa **lisätietoa** löydät vihreäpohjaisista tietolaatikoista.

5. **Kotikunnan luonnon biodiversiteetin selvittäminen** yo k-09

Biologian perehtyneenä tehtäväksesi annetaan laatia selvitys kotikuntasi luonnon biodiversiteetistä (monimuotoisuudesta). Millaisin menetelmin tutkisit biodiversiteetin eri tasoja, ja miten havainnollistaisit tuloksiasi?

6. **Nisäkkäiden lajimonimuotoisuus**

Tarkastele oheista karttaa.

a. Kuvaile kartan tietojen avulla nisäkkäiden lajimonimuotoisuutta maapallolla.

b. Miksi tekijät valituttavat nisäkkäiden lajimonimuotoisuuteen?

Nisäkkäiden lajirunsaus

7. **Metsien lajimonimuotoisuus**

Oheessa on kolme metsäkasvillisuuden lienttikerroksen näytealaa. Luvut ovat kasvien peittävyysprosentteja. Minkä näytealan monimuotoisuus on suurin? Perustele.

Lajit	A	B	C
mustikka	60	30	20
metsälauha	5	5	5
metsämatikka	10	10	5
varamo	0,5	1	2
metsälaikka	2	2	5
puolukka	0,5	2	5
kanerva	2	5	10

8. **Kotipaikkakunnan ekosysteemien monimuotoisuus** tt

Valitse tutkittavaksi kaksi erilaista ekosysteemiä, esimerkiksi lehto ja kuiva kangasmetsä. Tutki kummankin ekosysteemin kasvi- ja jälkilajien runsautta ruutuanalyysimenetelmän avulla. Ruutuanalyysissä rajataan ja merkitään maastossa neliömetrin kokoinen ruutu. Laske laikki ruudussa esiintyvät kasvi- ja jälkilajit. Tunnista ja laske kummastakin ekosysteemistä vähintään viisi ruutua. Laadi tuloksista vertailutaulukko ja analysoi tulokset.

Yhteenveto

Biodiversiteetti on jakautunut maapallolla epätasaisesti.

Biodiversiteettiin vaikuttavat eniten alueen vastaanottama Auringon säteilymäärä, olojen pysyvyys ja pinta-ala.

Biodiversiteetin tasoja ovat: 1) ekosysteemien ja elinympäristöjen monimuotoisuus, 2) lajimonimuotoisuus, 3) lajin sisäinen monimuotoisuus.

Ekosysteemien monimuotoisuus on seurausta abioottisten ympäristötekijöiden vaihtelusta.

Ekosysteemit luokitellaan suuremmiksi kokonaisuuksiksi eli biomeiksi. Niiden esiintymisrajat noudattavat kasvillisuusvyöhykkeiden rajoja.

Avainsanat

biodiversiteetti
biomi
ekosysteemien ja elinympäristöjen monimuotoisuus
lajin monimuotoisuus
lajin sisäinen monimuotoisuus
reunavaikutus

148 Elämän monimuotoisuus ja sen tulevaisuus

4. Kaikkien lukujen lopussa on kolmenlaisia **tehtäviä**: Ensimmäiseksi on perinteisiä, kertaavia ja asian ymmärtämistä testaavia perustehtäviä, joita voidaan tehdä joko oppituntien yhteydessä tai omalla ajalla. Toiseksi mukana on luvun aiheeseen liittyviä vanhoja reaalikoetehtäviä. Kolmanneksi lukujen yhteydessä on erilaisia tutkimustehtäviä, joiden suoritus edellyttää pitempää paneutumista tai aineiston keruuta ja käsittelyä kurssin aikana. Niihin kannattaa tutustua jo kurssin alkuvaiheessa, jotta niiden toteuttamiselle jää kurssilla riittävästi aikaa. Tehtävien ratkaisun apuna voi käyttää oppikirjaa, muita julkaisuja kuten tietokirjoja, lehtiartikkeleita, tutkimusraportteja sekä internetistä eri tutkimuslaitosten ja ympäristöjärjestöjen verkkosivuja.

yo k-12

tt

5. **Avainsanat** esittelevät kunkin luvun kannalta keskeiset käsitteet, joiden avulla voit testata oletko ymmärtänyt luvun asiasisällön. **Yhteenveto** on tiivistelmä luvun tärkeimmistä asioista.

Käsitteet

A

abioottinen, *abiotic* 9
Ekosysteemien luonteeseen kuuluva, esimerkiksi maa, vesi, ilma, valo jne.

abioottinen typensidonta, *abiotic nitrogen fixation*, 59
Salamoinnin valkaukseksi ilmassa syntyy typpihappoa ja happoa typen oksideja, joista edelleen muodostuu maaperässä nitraatti-ioneja kasvien käytettäväksi.

a-klorofylli, *a-chlorophyll*, 82
Kuvaustaa lehtivihreällisten planktonlevien runsautta vedessä. On suoraan verrannollinen vesistön rehevöitymisasteeseen.

aikellävi, *step stone* 171
Suurekemiainen alue, jonka tarkoituksena on helpottaa yksilöiden siirtymistä osapopulaatioista toiseen.

avainbiooppi, *key biotope* 57
Poikkeuksellisen arvokas elinympäristö, jossa elää vaateliaita eliölajeja, esim. lehto.

avainlaji, *key species, keystone species* 12, 166
Ekosysteemin toimintaan voimakkaasti vaikuttava laji, jonka häviäminen vaikuttaisi hairallisesti koko ekosysteemiin.

avustettu leviäminen, *assisted migration, relocation of species*, 75
Lajien siirtäminen alueille, minne ne luontaisesti siirtyisivät, mutta eivät ihe voi ajan puutteen ja elinympäristön pirstoutumisen takia.

B

biodiversiteetti, *biodiversity* 138
Eliöllisen luonnon monimuotoisuus, joka tarkoittaa esiliaisten ekosysteemien monimuotoisuutta, eliöyhteisöjen monimuotoisuutta eli lajirunsautta sekä lajin sisäistä perimönllistä muuntelua.

bioindikaattorilaji, *bioindicator* 9
Ilmentäjälaji, aieisimmiden laan kapea-alainen laji, jonka esiintymisen tai runsauden perusteella voidaan tehdä päätelmiä ympäristön tilasta.

biologinen hapenkulutus, BHK, *biological oxygen demand* 89
Ilmaisee happimäärätän, jonka mikrobit kuluttavat hajoittamisaan organiaista ainetta (mg happea/litra vettä). Mitä enemmän järevedessä on organiaista ainesta, sitä enemmän sen hajoittamiseen kuluu happea.

biologinen typensidonta, *biological nitrogen fixation*, 58
Bakteerien suorittamaa typensidontaa. Esimerkiksi syanobakteerit pystyvät sitomaan typpikaasua suoraan ilmasta.

biomassa, *biomass*, 27
Alueen, populaation tai eliön elibiin aineksen määrä tietyllä hetkellä. Voidaan ilmaista muorpainoina, kuivapainoina tai energiasisältöinä.

biomi, *biome* 141
Suurekosysteemi. Pallollisten ekosysteemeistä koostuva laajempi kokonaisuus, joka vastaa lähinnä maapallon kasvillisuusyhdykeitä, kuten tundraa, aroa, savilkkoa, sademetsiä, pohjoista havumetsää jne.

biootinen, *biotic* 9
Eliöllisen luonnon kuuluva, esimerkiksi kasvi, eläin, yksisoluinen eliö jne.

biosfääri, *biosphere* 14
Elolehtä, elkoeltist. 1. Se osa maapalloa, jossa esiintyy elämää. 2. Maapallon kaikkien ekosysteemien muodostama toiminta kokonaisuus.

bionooppi, *biotope* 24
Eliöiden tyypillinen elinympäristö, kuten kuusella kasvupaikka ja linnuilla pesimäympäristö.

C

CFC-yhdiste, *chlorofluorocarbon* 130
Kloorifluorihiilivetyyhdisteitä, joita käytetään mm. kylmälaitteissa, vaahtomuoveissa ja suihkupulloissa ponnekaasuna. CFC-yhdisteiden sisältämä kloori tuhoaa otsonikerrin otsonia.

D

DDT 112
Dildooridifenyylitrikloorietaani. Erittäin tehokas hyönteismyrkky, joka oteriin laajalti käytettiin koko maapallolla 1900-luvun jälkipuoliskolla. Aine on kuitenkin osoittanut erittäin vaarallisksi organismeille ympäristönmyrkyksi. DDT:n käyttö on kielletty useissa maissa, mutta sitä käytetään edelleen kehittyneissä maissa, erityisesti malariaalueilla.

denitrifikaatio, *denitrification* 60
Typpiyhdisteiden pelkistuminen anaerobiaseen denitrifikaatiobakteerien aineenvaihdunnareaktioissa, jolloin typpikaasua vapautuu ilmaan.

dioksiinit, *dioxins* 115
Hiilivetyjä, joiden kloorinut muodot ovat pahoja organismia ympäristönmyrkkyjä eli niin kutsuttuja supermyrkkyjä.

dystrofinen järvi, *dystrophic lake* 35
Humuspitoinen järvi, joka on yleensä ruskeavetinen ja niukkaravinteinen.

E

ekologia, *ecology* 8
Biologian osa-alue, joka tutkii eliöiden levinneisyyteen ja runsauteen vaikuttavia tekijöitä eli eliöiden ja niiden ympäristön välisiä suhteita.

ekologinen jalanjälki, *ecological footprint* 184
Kuvaa, kuinka suurta ekologisesti tuottavaa maa-aluetta tarvitaan yhden ihmisen kulkiden tupeiden ryydyttämiseen.

ekologinen kapasiteetti, *ecological capacity*, 185
Biologisesti tuottava maa-ala asukasta kohti.

ekologinen käytävä, *ecological corridor* 171
Entinkin kaupunkiekologiassa käytetty käsite, jolla tarkoitetaan esimerkiksi viheralueita, joita pitkin eliöt voivat siirtyä alueelta toiselle.

ekologinen selkäreppu, *ecological rucksack* 185
Kuvaa tuoteen valmistamiseen, kuljettamiseen ja käyttöön tarvittavia luonnonvaroja, kun niiden summasta on vähennetty tuoteen oma paino.

194 Käsitteet

6. Kirjan lopusta löydät luvuissa esiintyvät **käsitteet** selityksineen ja niiden englanninkieliset vastineet. Käsiteluettelo toimii myös hakemistona.

Sisällys

I Ympäristöekologia tarkastelee ihmisen vaikutusta luontoon

1. Ympäristöekologia tutkii ihmisen vaikutusta ekosysteemeihin 8
   - Ympäristöekologinen tutkimus perustuu ekosysteemin toiminnan tuntemukseen 8
   - Elollisen luonnon toimintaa voi tarkastella monella tasolla 9
   - Ekosysteemin toiminta perustuu aineiden kiertoon ja energian virtaukseen 14
   - Ympäristöongelmat johtuvat ihmisen aiheuttamista toimintahäiriöistä ekosysteemeissä 15
   - Ekologinen tutkimus auttaa löytämään keinoja ekosysteemien toimintahäiriöiden korjaamiseksi 16
   - Ihminen tarvitsee ekosysteemejä ja ekosysteemipalveluja 20
2. Suomen ekosysteemit ovat herkästi haavoittuvia 24
   - Suomen ekosysteemit ovat kehittyneet jääkauden jälkeen 24
   - Suurin osa Suomen metsistä on havumetsiä 27
   - Suomessa on hyvät edellytykset soiden syntymiselle 31
   - Kosteikot tasaavat pintavesien virtausta 34
   - Suomen sisävedet ovat luontaisesti niukkaravinteisia 34
   - Joissa ja puroissa veden virtaus vaikuttaa eliöihin 36
   - Ihmisen toiminta muuttaa vesiekosysteemejä 37
   - Suomen avainbiotoopeissa elää vaateliaita lajeja 37
3. Kaupunkiekologia tarkastelee kaupunkiluonnon erityispiirteitä 41
   - Kaupunki on saareke alkuperäisen luonnon keskellä 41
   - Kaupunki on ihmisen ylläpitämä ekosysteemi 42
   - Kaupunkien kasvillisuus on määrällisesti niukkaa, mutta lajistoltaan monimuotoista 43
   - Monet eläimet ovat kaupunkien menestyjiä 46
   - Kaupunkiekologian tutkimustuloksia sovelletaan kaupunkisuunnittelussa 48

II Häiriöitä aineiden kierrossa

4. Aineet kiertävät elottoman ja elollisen luonnon välillä 54
   - Hiilen ja hapen kierto on elämän perusta 54
   - Kaikki eliöt tarvitsevat typpeä 58
   - Epäorgaaninen fosfori muuttuu orgaaniseksi ravintoketjuissa 60
   - Kompostoinnin avulla orgaanisten jätteiden sisältämät ravinteet voidaan palauttaa takaisin kiertoon 62
5. Kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä vaikuttaa maapallon ilmastoon 65
   - Elämme kasvihuoneessa – onneksi 65
   - Ihminen lisää kasvihuonekaasujen määrää – maapallon ilmasto lämpenee 66
   - Ilmastonmuutos vaikuttaa kaikkialla maapallolla 69
   - Voidaanko ilmastonmuutosta enää hillitä? 75
6. Liiallinen typpi ja fosfori aiheuttavat rehevöitymistä vesiekosysteemeissä 80
   - Typpi ja fosfori ovat peräisin haja- ja pistekuormituksesta 80
   - Rehevöityminen näkyy monin tavoin vesiekosysteemissä 82
   - Rehevöityminen on Itämeren pahin ympäristöongelma 84
   - Suomen järvet rehevöityvät helposti 88
   - Rehevöitymistä estetään tehokkaimmin kuormitusta vähentämällä 89

7. Rikin ja typen oksidien lisääntyminen aiheuttaa luonnon happamoitumista 96
Happamoittavat aineet ovat peräisin useista lähteistä 96
Suomen luonto on luontaisesti herkkä happamoitumaan 98
Hapan laskeuma vaikuttaa metsissä monin tavoin 98
Suomen sisävedet happamoituvat herkästi 101
Happamoitumisen estämisessä tarvitaan kansainvälisiä ja paikallisia keinoja 102

8. Ympäristömyrkyt ovat elolliselle luonnolle haitallisia aineita 107
Myrkylliset aineet vaikuttavat haitallisesti ekosysteemissä 107
Raskasmetallit eivät hajoa luonnossa 109
Orgaaniset ympäristömyrkyt ovat vahingollisia jo pieninä pitoisuuksina 113
Öljy on meriekosysteemien pahimpia uhkaajia 117

9. Säteily on elämälle välttämätöntä tai haitallista 123
Säteily on aaltoja ja hiukkasia 123
Ionisoiva säteily on eliöille haitallista 125
Yläilmakehän otsonikerroksen oheneminen lisää haitallista UV-säteilyä 129

III Elämän monimuotoisuus ja sen tulevaisuus

10. Luonnon monimuotoisuus on jakautunut maapallolla epätasaisesti 138
Biodiversiteetti on elämän moninaisuutta 138
Ekosysteemien ja elinympäristöjen monimuotoisuus on seurausta ympäristötekijöiden erilaisuudesta 140
Biomit ovat suurekosysteemejä 141
Miten biodiversiteettiä voidaan tutkia? 144

11. Maapallon ekosysteemien monimuotoisuus on vaarassa 149
Ihminen aiheuttaa ekosysteemeihin nopeita muutoksia 149
Monimuotoisuuskeskukset ovat biodiversiteetiltään rikkaita 150
Maapallon metsien pinta-ala on pienentynyt 152
Trooppisten sademetsien biodiversiteetti vähenee 152
Kosteikkojen säilymisellä on suuri merkitys monimuotoisuudelle 154
Koralliriutat ovat häviämässä 154

12. Lajimonimuotoisuus on vähentynyt 158
Lajien häviäminen on kiihtynyt 158
Suomen lajien uhanalaisuutta kartoitetaan 162
Jotkin lajit hyötyvät ihmisen toiminnasta 164
Avainlajien väheneminen vaikuttaa moniin lajeihin 166
Lajin sisäinen monimuotoisuus on lajin henkivakuutus 167

13. Ympäristönsuojelun avulla biodiversiteetti voidaan saada säilymään 170
Ekosysteemien suojelu on lajien suojelun edellytys 170
Suomessa suojellaan perinneympäristöjä 174
Lajien suojelukeinot riippuvat uhanalaistumisen syistä 176
Lajinsisäisen monimuotoisuuden suojelu 178

14. Jokainen meistä vaikuttaa valinnoillaan maapallon tilaan 182
Kestävän kehityksen päämäärä on säilyttää maapallo elinkelpoisena myös tuleville sukupolville 182
Ekologinen jalanjälki kertoo kulutuksen määrästä 184
Ekotehokkuus – vähemmästä enemmän 185
Tavoitteeksi kestävä elämäntapa 187

Käsitteet 194

I

Ympäristö-ekologia tarkastelee ihmisen vaikutusta luontoon

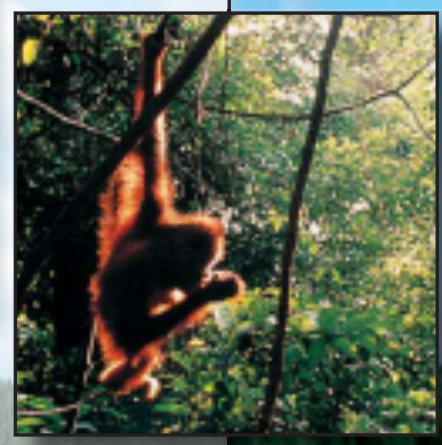
Jakson sisältämät luvut

1. **Ympäristöekologia tutkii ihmisen vaikutusta ekosysteemeihin**
2. **Suomen ekosysteemit ovat herkästi haavoittuvia**
3. **Kaupunkiekologia tarkastelee kaupunkiluonnon erityispiirteitä**

Eliöt joutuvat sopeutumaan jatkuvasti muuttuvaan ympäristöön.

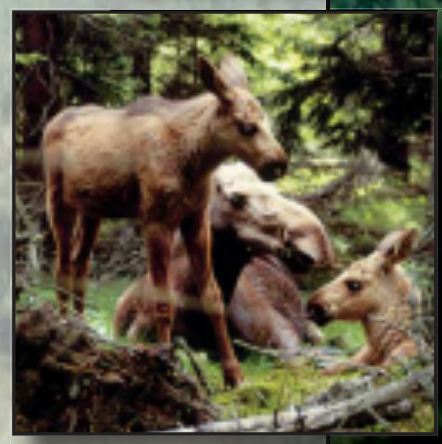
Yksilöiden väliset perinnölliset erot auttavat eliölajeja selviytymään muuttuvissa oloissa.

Ekologia on tiede, joka tutkii eliöiden ja ympäristön vuorovaikutusta sekä lajien levinneisyyteen ja runsauteen vaikuttavia tekijöitä.



Eliöiden elinmahdollisuudet riippuvat elottoman ja elollisen luonnon muodostamasta elinympäristöstä.

Ekosysteemit koostuvat eri lajien populaatioiden muodostamasta eliöyhteisöstä sekä elottomasta ympäristöstä.



Eliöt ovat joko tuottajia, kuluttajia tai hajottajia. Yhdessä ne muodostavat ravintoketjuja tai -verkkoja.

- **Mistä tietää, että luonto voi huonosti?**
- **Voiko luontoa "parantaa"?**
- **Onko ympäristön pilaantuminen peruuttamatonta?**
- **Miksi ihminen on yleensä häirikkö Ekologian Teatterissa?**
- **Onko kaupunki luontoa?**

I.

Ympäristöekologia tutkii ihmisen vaikutusta ekosysteemeihin

Joskus ihmisen vaikutus ympäristöön on liian suuri. Esimerkiksi Pääsiäissaarella kokonaisen sivilisaation tuhoutumisen on arveltu johtuneen ihmisen aiheuttamasta ympäristökatastrofista. Väestön liikakasvu, metsien hävittäminen ja sitä seurannut eroosio sekä rajallisten luonnonvarojen kuluttaminen loppuun ajoi Pääsiäissaaren maatalouteen ja kalastukseen perustuvan korkeakulttuurin kriisiin 1600- ja 1700-luvuilla. Väkiluku romahti, ja alkoi ihmissyönnin, sotien ja nälänhätien aika.

Ympäristöekologinen tutkimus perustuu ekosysteemin toiminnan tuntemukseen

Elinympäristö on harvoin pitkiä aikoja vakaa, koska erilaiset muutokset kuuluvat luontoon. Eliölajit pystyvät usein sopeutumaan uusiin olosuhteisiin, ja ekosysteemi toipuu. Osa nyt tapahtuvista muutoksista on kuitenkin niin suuria, että ne voivat olla eliöille kohtalokkaita, jolloin kokonaisten ekosysteemien toiminta häiriintyy. Ihminen hyödyntää nykyisin luontoa ennennäkemättömällä tehokkuudella ja aiheuttaa häiriöitä kaikkiin maapallon ekosysteemeihin.

Ympäristöekologia on ekologian osa-alue, jossa tutkitaan ihmisen vaikutusta ekosysteemeihin. Ympäristöekologia perustuu ekosysteemien tuntemukseen. Sen avulla tuotetaan tietoa, jolla pyritään huolehtimaan luonnonvarojen riittävyydestä, vaalimaan luonnon monimuotoisuutta ja estämään ympäristön pilaantumista. Ympäristöekologinen tutkimus on perusta kestävälle kehitykselle.

Elollisen luonnon toimintaa voi tarkastella monella tasolla

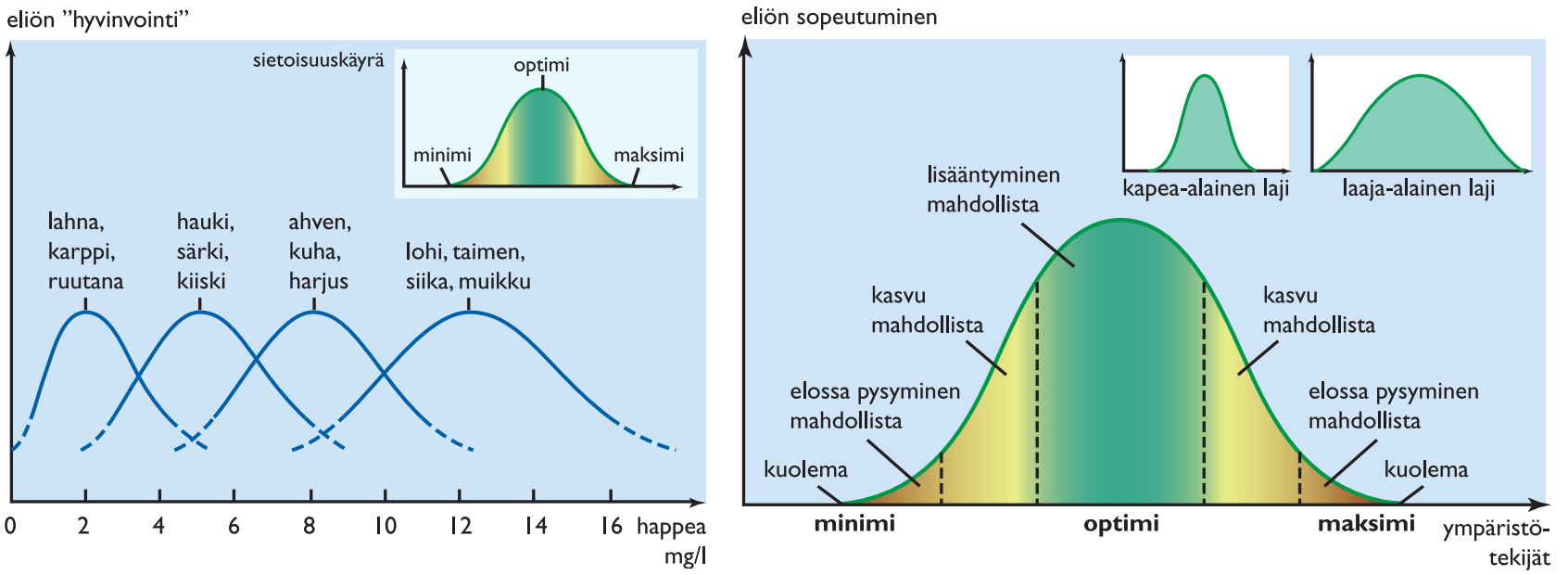
Ekologian avulla on mahdollista ymmärtää, miten luonto toimii. Ekologiassa tutkitaan eliöiden runsauteen ja levinneisyyteen vaikuttavia tekijöitä sekä eliöyhteisöjen ja ekosysteemien toimintaa. Näkökulma voi ulottua yksittäisen eliön elinehtojen tutkimisesta aina koko biosfäärin tarkasteluun saakka.

Eliöt sopeutuvat ympäristöönsä

Ekosysteemi muodostuu elottomasta ympäristöstä ja siinä toistensa kanssa vuorovaikutuksessa elävistä lajeista. Jokainen laji on sopeutunut elämään tietynlaisessa ympäristössä. Lajin sopeutumista elinympäristöönsä kuvataan ekolokero-käsitteen avulla.

Kunkin eliölajin ekolokero muodostuu useista abioottisista ja bioottisista ympäristötekijöistä sekä lajin tavasta hyödyntää ympäristöään. Ympäristötekijöitä ovat esimerkiksi ravinto, lisääntymispaikat, valo, vesi tai kasvualustan ravinteisuus. Eliölajien levinneisyys ja hyvinvointi määräytyvät niiden tarvitsemien ympäristötekijöiden saatavuuden mukaan. Abioottisten ympäristötekijöiden suhteen lajilla on tietty sietoisuusalue. Esimerkiksi hauella veden happamuuden sietoisuusalue on pH-arvojen 4,5 ja 9 välillä. Lajit, joiden sietoisuusalue on kapea tai selvärajainen, sopivat hyvin ympäristön tilan ilmentäjälajeiksi eli bioindikaattorilajeiksi, koska elinympäristön muutokset näkyvät nopeasti lajin runsaudessa ja sen yksilöiden elinvoimaisuudessa. Esimerkiksi naavat reagoivat herkästi rikin oksideihin, joten naavoja esiintyy ainoastaan siellä, missä ilma on puhdasta.

Kuikka on tyypillinen vähäravinteisten järvien lintu, ja siten se on puhtaan ja kirkkaan veden ilmentäjälaji.



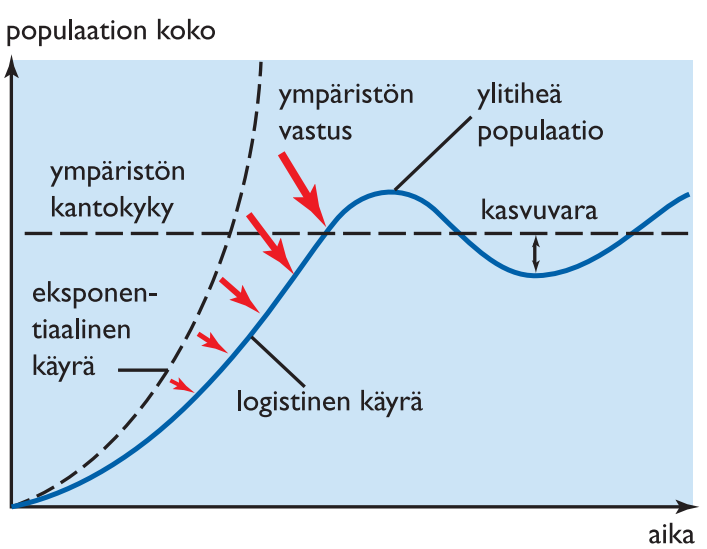
Sietoisuuskäyrän avulla voidaan havainnollistaa eliölajin suhdetta jonkin abioottisen tekijän muuttumiseen. Minimi ja maksimi rajaavat sen alueen, jossa laji tulee toimeen. Ne siis kuvaavat ekolokeron äärirajoja. Optimaalinen tilanne on kohta, jossa lajin yksilöt menestyvät parhaiten, ovat elinvoimaisimpia ja lisääntyvät tehokkaimmin. Lajin ekolokeroa rajaavat samaan aikaan useat ympäristötekijät, ja laji voi olla kunkin ympäristötekijän suhteen kapea- tai laaja-alainen.

Sitä ympäristötekijää, jota on niukimmin tarjolla eliön tarpeisiin nähden ja joka siten vaikuttaa eniten lajin esiintymiseen, sanotaan minimitekijäksi. Esimerkiksi fosfaatit ovat monissa vesistöissä syanobakteerien, levien ja vesikasvien kasvua rajoittava minimitekijä. Maatalouden ravinnepäästöjen takia fosfaattien määrä on kuitenkin lisääntynyt, mikä johtaa vesien rehevöitymiseen, eli tuottajien, kuten syanobakteerien, runsastumiseen.

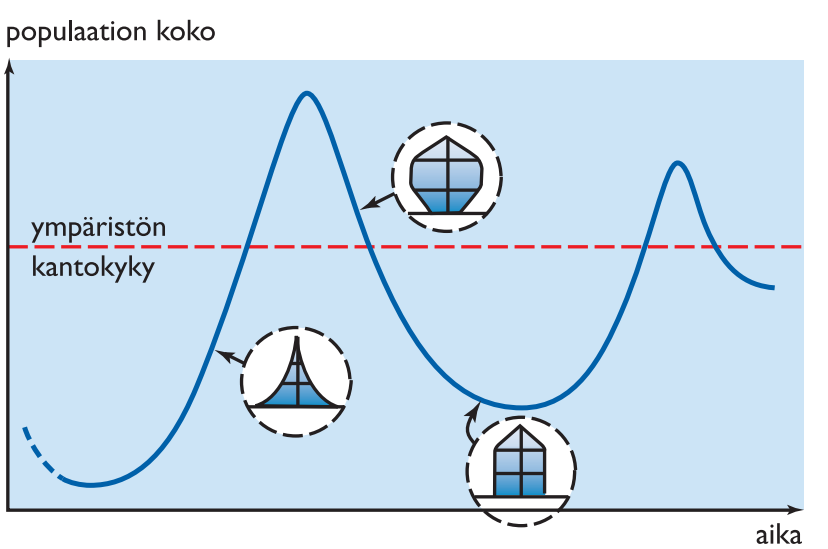
Lajin bioottiset ympäristötekijät muodostuvat vuorovaikutussuhteista toisiin populaatioihin. Ekoloke-roon vaikuttavat esimerkiksi lajien välinen kilpailu, saalistus ja mutualismi. Sopeutuminen abioottiseen ja bioottiseen ympäristöön ilmenee lajin rakenteessa ja elintoiminnoissa ja eläimillä lisäksi käyttäytymisessä.

Saman lajin yksilöt muodostavat populaatioita

Tietyllä alueella elävät saman lajin yksilöt, jotka voivat lisääntyä keskenään, muodostavat populaation. Samaan lajiin kuuluu yleensä monia populaatioita,



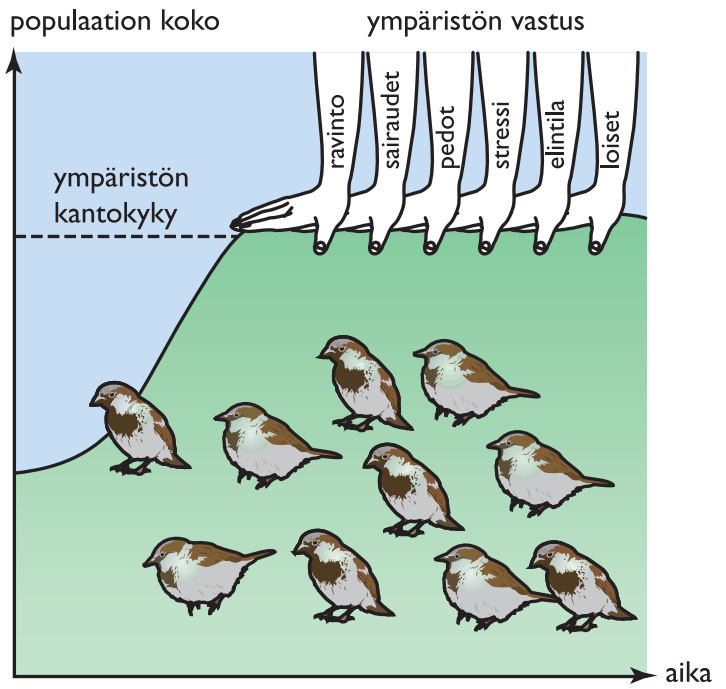
Populaatio voi kasvaa suotuisissa oloissa hyvin nopeasti, lähes eksponentiaalisesti. Luonnossa kasvu on pitkällä aikavälillä kuitenkin hitaampaa ja noudattaa logistista käyrää. Kasvua hidastaa niin sanottu ympäristön vastus.

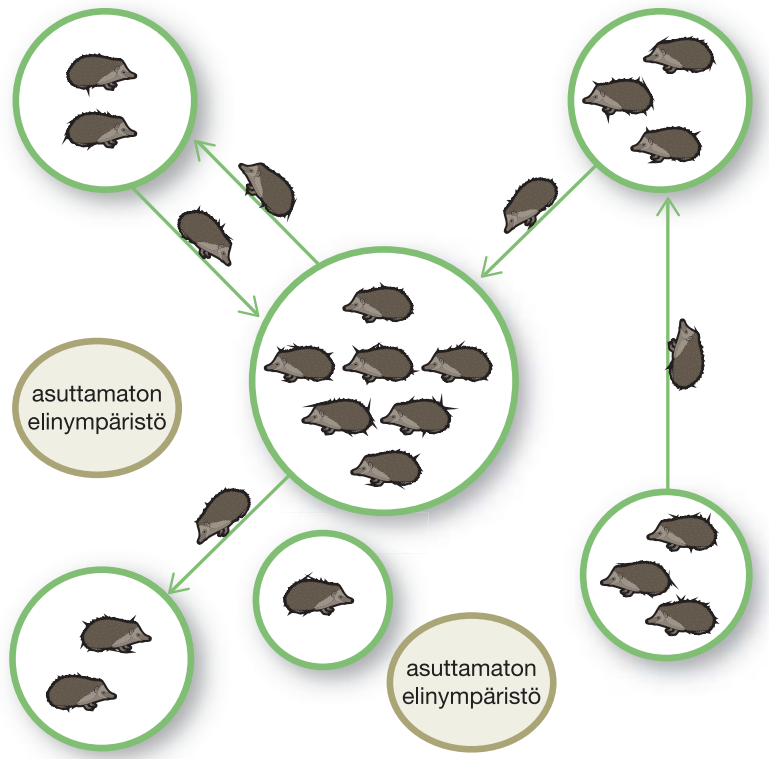


Populaation koko voi vaihdella säännöllisesti tai epäsäännöllisesti. Myös populaation ikäjakaumaa kuvaavien ikäpyramidien muoto vaihtelee. Populaation kasvaessa voimakkaasti nuorten yksilöiden osuus on suuri, kun taas populaation pienentyessä lisääntyminen hidastuu, jolloin nuoria yksilöitä on vähän.

Turskaa tavataan lähes koko Itämeressä, mutta se pystyy lisääntymään vain riittävän suolaisessa vedessä. Se kutee eteläisen Itämeren syvillä ulappa-alueilla, sillä mäti vajoaa pohjaan, jos veden suolapitoisuus on alle 10 promillea. Turskakantoihin vaikuttaa suuresti Tanskan salmista virtaava happipitoinen ja suolainen vesi. Kun pitkäaikaiset ja voimakkaat myrskyt kuljettavat Atlantista vettä Itämereen, turskan kutu onnistuu. Tämän jälkeen turskaa voidaan tavata runsaasti Suomenkin rannikoilla.

joiden välillä yksilöt liikkuvat. Tämän takia yksittäisen populaation tarkka rajaaminen on toisinaan käytännössä vaikeaa. Populaation koko riippuu siitä, kuinka paljon uusia yksilöitä syntyy, kuolee ja siirtyy populaatiosta toiseen. Jos elinympäristö on kaikin puolin edullinen, populaatio voi kasvaa hyvin nopeasti. Aluksi kasvu on hidasta, koska yksilöitä on vähän, mutta tietyn tiheyden saavutettuaan populaatio alkaa kasvaa erittäin nopeasti.





Kun populaation tiheys kasvaa suureksi, syntyvyys alkaa kuitenkin vähentyä ja kuolleisuus lisääntyä. Populaation kasvua sääteleviä tekijöitä, kuten ravinnon määrää, petoja, loisia tai erilaisia tauteja, sanotaan ympäristön vastukseksi. Ympäristön kantokyvyllä tarkoitetaan suurinta populaatiotiheyttä, jonka elinympäristö voi elättää. Tavallisesti populaation koko on reilusti kantokyvyn alapuolella. Populaatiotiheys voi ylittää kantokyvyn vain tilapäisesti, joskin kantokyvyn taso voi vaihdella paljonkin eri aikoina. Ylitiheäksi kasvanut populaatio voi romahduttaa ympäristön kantokyvyn pitkäksi aikaa. Esimerkiksi tiettyyn ravintokasviin erikoistunut hyönteispopulaatio voi syödä ravintonsa lähes loppuun, jolloin ympäristössä voi elää vain hyvin pieni populaatio.

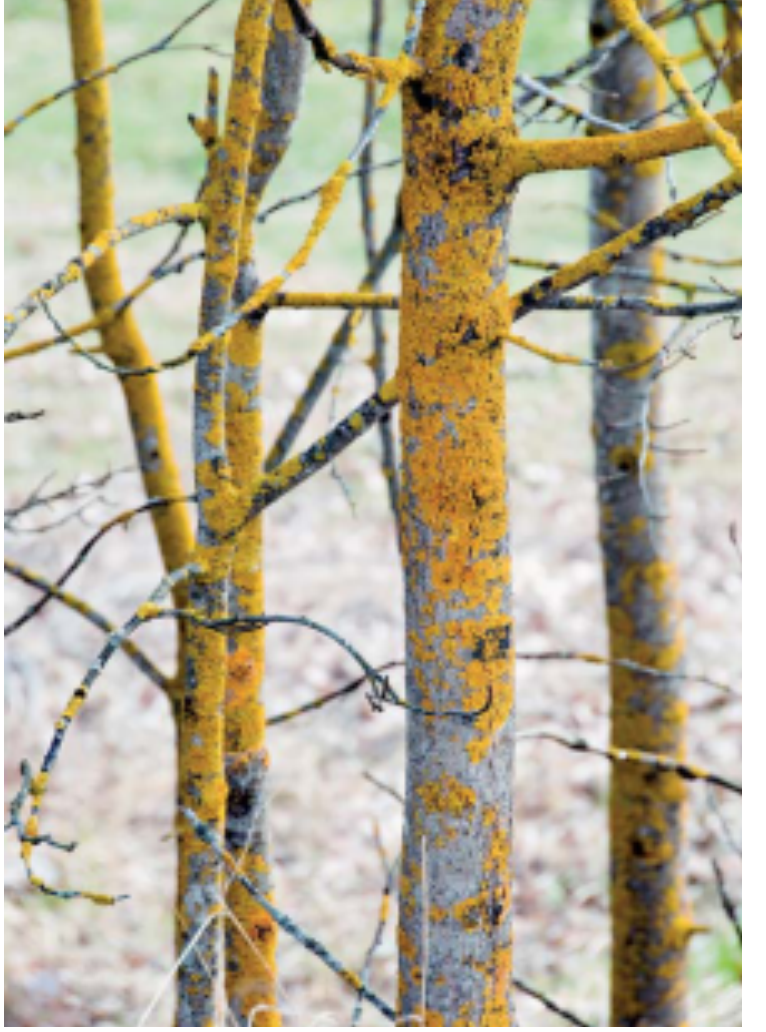
Monien eliölajien populaatiot ovat romahtaneet, kun ihminen on muuttanut tai tuhonnut niiden elinympäristöjä. Liian pienessä populaatiossa ongelmia ovat esimerkiksi perinnöllisen muuntelun vähäisyys ja sukusiittoisuus. Pieni populaatio on myös altis tautiepidemioille, sillä tauti voi tappaa kaikki yksilöt. Populaatiot voivat evoluution kuluessa sopeutua elinympäristön muutoksiin. Romahdus taas kertoo yleensä siitä, että muutos on ollut liian nopea populaation sopeutumiskykyyn nähden.

Joidenkin lajien esiintymät tietyllä alueella koostuvat useista pienistä ja erillisistä, toistensa kanssa rajallisessa vuorovaikutuksessa olevista paikallispopulaatioista. Paikallispopulaatiot muodostavat yhdessä kokonaisuuden, jota kutsutaan metapopulaatioksi. Monet päiväperhoset ovat nykyään uhanalaisia, koska niityt, kedot ja ahot ovat monin paikoin kasvaneet umpeen ja perhostoukkien tarvitsemia ravintokasveja kasvaa yhä harvemmassa. Tällaisia elinympäristölaikkuja ja niitä yhdistäviä käytäviä pitäisi olla riittävästi, jotta metapopulaatiossa olisi tarpeeksi paikallispopulaatioita ja laji säilyisi alueella.

Metapopulaatio voi turvata laikuittain esiintyvän ja harvalukuisen lajin säilymisen tietyllä alueella. Mikäli joku paikallispopulaatioista häviää, muista populaatioista voi siirtyä uusia yksilöitä hävinneiden tilalle. Siili on tyypillinen laji, joka muodostaa metapopulaatioita kaupunkiympäristössä. Puistojen ja puutarhojen laikuittainen sijainti jakaa alueen siilit useiksi paikallispopulaatioiksi.

Eliöyhteisöt muodostuvat eri lajien populaatioista

Eliöyhteisössä lajien välillä vallitsee lukuisia vuorovaikutussuhteita. Kilpailu on kahden tai useamman lajin välinen suhde, joka kuluttaa kilpailevien lajien voimavaroja ja siten rajoittaa niiden populaatioiden kasvua. Pedon ja saaliin välinen suhde taas on petoa hyödyttävä, mutta saalispopulaatiota rajoittava tekijä. Kahden tai useamman lajin välistä läheistä yhteiselämää sanotaan symbioosiksi. Symbioosia kutsutaan mutualismiksi, jos yhdessä eläminen hyödyttää molempia osapuolia. Yksittäinen laji on tavallisesti osallisena monissa vuorovaikutussuhteissa. Eliöyhteisönsä avainlajeiksi sanotaan lajeja, jotka ovat niin keskeisiä ekosysteemin kannalta, että niiden häviäminen saisi aikaan merkittäviä muutoksia eliöyhteisössä tai ekosysteemin toiminnassa. Esimerkiksi haapa ja rakkolevä ovat avainlajeja omissa ekosysteemeissään.



Pöytävierassuhde: haapa ja haavankeltajäkälä.

Vuorovaikutussuhde	Lajit ovat vuorovaikutuksessa		Lajit elävät erillään toisistaan	
	Laji 1	**Laji 2**	**Laji 1**	**Laji 2**
Neutraali	ei vaikutusta (rakkolevä)	ei vaikutusta (kilkki)	ei vaikutusta	ei vaikutusta
Kilpailu	haittaa (talitiainen) −	haittaa (kirjosieppo) −	ei vaikutusta	ei vaikutusta
Laidunnus (kasvinsyönti)	hyötyä (hirvi) +	haittaa (mänty) −	haittaa −	hyötyä +
Peto-saalissuhde	hyötyä (lumikko) +	haittaa (peltomyyrä) −	haittaa −	hyötyä +
Loissuhde	hyötyä (malarialoisio) +	haittaa (ihminen) −	haittaa −	hyötyä +
Mutualismi (ehdollinen)	hyötyä (muurahainen) +	hyötyä (kirva) +	ei vaikutusta	ei vaikutusta
Mutualismi (ehdoton)	hyötyä (korallieläin) +	hyötyä (panssarilevä) +	haittaa −	haittaa −
Pöytävierassuhde	ei vaikutusta (haapa)	hyötyä (haavan-keltajäkälä) +	ei vaikutusta	haittaa −

Mutualismi: muurahainen ja lehtikirva. Lehtikirvat saavat ravintonsa imemällä nesteitä kasvien lehdistä. Kirvat käyttävät kasvinesteestä itse lähinnä aminohappoja, ja pääosa sokereista jää niiden ulostusnesteeseen, mesikasteeseen. Muurahaiset hankkivat puolestaan ravintoa lypsämällä kirvoista mesikastetta. Lypsäminen tehostaa kirvojen ravinnonottoa, ja ne kasvavat ja lisääntyvät tehokkaammin kuin ilman lypsämistä. Lisäksi muurahaiset puolustavat arvokasta lypsykarjaansa vihollisilta.

Peto-saalissuhde: lumikko ja peltomyyrä.

Laidunnus: hirvi ja mänty.

Alueelle levinneet uudet lajit ovat tulokas- tai vieraslajeja

Eliöiden levinneisyysalueet muuttuvat jatkuvasti. Tulokaslajilla tarkoitetaan maahan äskettäin (viimeisen vuosisadan aikana) levinnyttä eliölajia. Osa tulokaslajeista on sellaisia, joiden levinneisyysalue on laajentunut luontaisesti lähialueilta. Esimerkiksi neitoperhonen on tällainen Suomeen levinnyt tulokaslaji. Osan tulokaslajeista ihminen on siirtänyt tahallisesti tai tahattomasti uusiin elinympäristöihin. Tällöin puhutaan vieraslajeista. Esimerkki Suomeen tuodusta vieraslajista on täplärapu, jota on istutettu lukuisiin järviin ja jokiin.

Ekosysteemeissä ja niihin kuuluvissa eliöyhteisöissä voi tapahtua suuriakin muutoksia. Muutokset ovat luonnollinen osa ekosysteemien toimintaa. Kun vanha metsä esimerkiksi palaa salamaniskun sytyttämästä tulipalosta, abioottisessa ympäristössä tapahtuu niin suuria muutoksia, että koko eliöyhteisö muuttuu. Valon, ravinteiden ja veden määrä sekä lämpöolosuhteet muuttuvat, ja paikan valtaa erilainen kasvilajisto. Uusia tuottajia seuraavat uudenlaiset kuluttajat, ja alueelle muodostuu uusia ravintoverkkoja. Vähitellen uusi eliöyhteisö muokkaa elinympäristöään, syntyy uusia ekolokeroita ja osa pioneerilajeista korvautuu toisilla, paremmin uuteen ympäristöön sopeutuneilla lajeilla. Ekosysteemin vähittäistä lajikoostumuksen muutosta kutsutaan ekologiseksi sukkessioksi. Ekosysteemin sukkession eri vaiheet lisäävät monimuotoisuutta ja ovat monien eliölajien elinehto. Ihminen on toimillaan kuitenkin vähentänyt luonnollista sukkessiota. Esimerkiksi metsäpalot pyritään sammuttamaan mahdollisimman nopeasti ja vain pienen osan metsistä annetaan kasvaa vanhoiksi aarnimetsiksi.

Ekosysteemin toiminta perustuu aineiden kiertoon ja energian virtaukseen

Maapallolla on runsaasti erilaisia ja erikokoisia ekosysteemeitä. Esimerkiksi lampi on pieni ja suhteellisen tarkasti rajautuva paikallinen ekosysteemi. Suurimpia ekosysteemejä ovat biomit, kuten monenlaisista elinympäristöistä muodostuva pohjoinen havumetsävyöhyke, joka peittää miljoonia neliökilometrejä. Koko maapalloa voidaan myös tarkastella yhtenä ainoana ekosysteeminä, biosfäärinä. Ekosysteemin toimintaperiaate on sama sen koosta riippumatta.

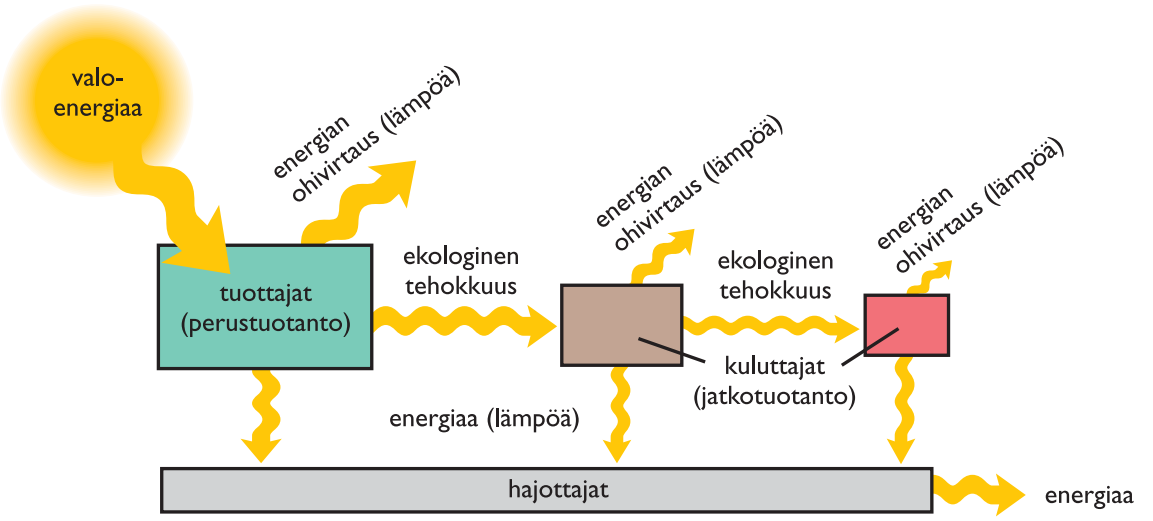
Aineet kiertävät ravintoverkoissa

Eliöt tarvitsevat aineita kasvuunsa ja elintoimintoihinsa. Kasvit ja muut tuottajat saavat tarvitsemansa aineet maasta, ilmasta ja vedestä. Kaikki toisenvaraiset eliöt puolestaan saavat tarpeelliset aineet käyttämästään ravinnosta. Eliöiden kuoltua hajottajat pilkkovat niissä olevat orgaaniset eli eloperäiset yhdisteet ja vapauttavat aineet epäorgaanisessa eli elottomassa muodossa takaisin maahan, ilmaan ja veteen tuottajien uudelleen käytettäviksi. Maapallolle ei tule lisää alkuaineita, vaan ne kiertävät jatkuvasti ekosysteemeissä elottoman ja elollisen luonnon välillä.

Energia virtaa ekosysteemin läpi

Eliöt tarvitsevat toimiakseen myös energiaa. Kasvien, levien ja syanobakteerien yhteyttäessä auringon säteilyenergiaa sitoutuu kemiallisena energiana glukoosiin. Eliöitä, jotka kykenevät itse sitomaan tarvitsemansa energian, kutsutaan tuottajiksi. Kaikki tuottajat ovat omavaraisia. Energia siirtyy ravintoketjuissa ekosysteemin tuottajilta edelleen kuluttajille. Kun eliöt kuolevat, niissä olevaa energiaa hyödyntävät hajottajat, esimerkiksi toisenvaraiset bakteerit, erilaiset alkueliöt ja hajottajasienet. Kuluttajat ovat suoraan tai epäsuorasti riippuvaisia tuottajista, ja sen vuoksi niitä kutsutaan toisenvaraisiksi.

Energia ei häviä eliöiden käytössä, vaan ainoastaan muuttuu muodosta toiseen. Jokaisessa ravintoketjun vaiheessa suurin osa energiasta poistuu eliöistä lämpönä. Tätä eliöiden kannalta käyttökelvotonta energiaa sanotaan energian ohivirtaukseksi. Ohivirtauksen takia korkeamman asteen kuluttajilla on hyödynnettävänään vähemmän käyttökelpoista energiaa kuin ensimmäisen asteen kuluttajilla. Siksi huippupetoja, kuten petolintuja, on vähemmän kuin kasvinsyöjiä, kuten peltomyyriä. Hajottajien toiminnan tuloksena myös kuolleeseen orgaaniseen aineeseen sitoutunut energia vapautuu lämpönä. Tämän voi havaita esimerkiksi kompostin höyryämisenä.



Energia on ekosysteemissä ikään kuin läpikulkumatkalla. Tuottajien sitomana auringon valoenergia muuttuu kemialliseksi energiaksi, ja kaikkien eliöiden käytössä se vähitellen muuttuu lämmöksi, joka lopulta karkaa maapallolta avaruuteen.

Ympäristöongelmat johtuvat ihmisen aiheuttamista toimintahäiriöistä ekosysteemeissä

Teollistuminen yhdessä väkiluvun kasvun kanssa on kiihdyttänyt luonnonvarojen käyttöä. Samalla ihmisen vaikutus ympäristöön on niin voimakasta ja kaikkialle ulottuvaa, että täysin häiriöttömiä ekosysteemejä ei ole oikeastaan enää missään. Useat ympäristöongelmat liittyvät aineiden kiertoon, joka voi muuttua ihmisen toiminnan seurauksena haitallisesti. Esimerkiksi hiilen kierto on teollisena aikana muuttunut siten, että hiilidioksidia vapautuu fossiilisten polttoaineitten käytön vuoksi ilmakehään yhä enemmän ja vastaavasti hiilen sitoutuminen on vähäisempää. Niinpä ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on kasvanut selvästi, mikä on pääasiallinen syy nykyiseen ilmastonmuutokseen. Myös rehevöityminen on seurausta ekosysteemiin joutuneista liiallisista ravinteista. Typpi- ja fosforiyhdisteitä kulkeutuu vesistöihin, ja tämä aiheuttaa tuottajien määrän lisääntymistä. Aineen kierron häiriöihin kuuluvat myös ympäristömyrkkyjen kertyminen ravintoketjuihin sekä maaperän ja vesistöjen happamoituminen.

Yksi aikamme suurimmista koko biosfääriä koskevista ympäristöuhkista on luonnon monimuotoisuuden väheneminen. Eliölajien määrä on vaihdellut maapallolla, koska massasukupuutoissa on hävinnyt lukuisia lajeja ja niiden jälkeen on jälleen kehittynyt runsaasti uusia lajeja. Lajimäärien vaihtelut kuuluvat normaaliin muutokseen. Nykyisin lajimäärä vähenee kuitenkin huolestuttavan nopeasti, koska ihminen muuttaa haitallisesti ja nopeasti monien eliöiden elinympäristöä. Ekosysteemin toiminta voi häiriintyä merkittävästi jo yhdenkin lajin häviämisen seurauksena. Lajien välille on kehittynyt monenlaisia vuorovaikutussuhteita, ja jonkin avainlajin, kuten esimerkiksi Itämeren rakkolevän, katoaminen voi romahduttaa monen siitä suoraan tai epäsuorasti riippuvaisen lajin kannan.

Kun inuiitit vielä käyttivät perinteisiä välineitään ja metsästivät vain omiin tarpeisiinsa, arktinen ympäristö pystyi palautumaan ihmisen aiheuttamista muutoksista. Uuden tekniikan, kuten moottorikelkkojen ja -veneiden, sekä tehopyynnin levittäytyminen alueelle on tehostanut metsästystä ja kalastusta liikaa. Herkkä ekosysteemi on järkkynyt, ja monista lajeista on tullut uhanalaisia.

Ekologinen tutkimus auttaa löytämään keinoja ekosysteemien toimintahäiriöiden korjaamiseksi

Ekologisella perustutkimuksella tarkoitetaan tutkimustyötä, jonka tavoitteet ovat tieteellisiä. Tutkimusta tai sen tuloksia ei siis pyritä suoraan hyödyntämään esimerkiksi taloudellisesti. Koska Suomi sijaitsee suurimmaksi osaksi pohjoisella eli boreaalisella havumetsävyöhykkeellä, maassamme tehtävä ekologinen perustutkimus on keskittynyt sijainnista johtuvien erityispiirteiden, kuten eliöiden talvehtimisen tai lyhyen kasvukauden vaikutusten, tutkimiseen. Suomen metsä- ja suoekologinen tutkimus, asiantuntemus ja osaaminen ovatkin huippuluokkaa maailmassa. Lisäksi meillä on tutkittu paljon Itämeren murtovesiekosysteemiä sekä Pohjanlahden maankohoamisrantojen sukkessiota.

Ekologisen tutkimuksen avulla saadaan tietoa, jota on perinteisesti hyödynnetty maataloudessa, metsänhoidossa, kalankasvatuksessa sekä riistanhoidossa. Ekologisen tiedon tarve on kasvanut entisestään, kun ihmisen vaikutus ympäristöön on lisääntynyt. On löydettävä uusia mahdollisuuksia suojella uhanalaisia lajeja, suunnitella suojelualueita, hoitaa ympäristöä sekä estää ja korjata ympäristövaurioita.

Esimerkiksi Suomessa talvehtivan linnuston ja sen muutosten selvittelyssä on turvauduttu harrastajien apuun. Jokavuotisia talvilintulaskentoja on tehty vuodesta toiseen samoilla reiteillä jo 1950-luvulta lähtien. Näin on saatu kootuksi erittäin arvokasta ja maailmanlaajuisesti ainutlaatuista tietoa lintukantojen muutoksista, jotka puolestaan ilmentävät monia ympäristössä tapahtuvia muutoksia.

Radiolähettimiä käytetään monien eläinlajien, kuten kuvan suden, elintapojen tutkimisessa. Kerätyn tiedon avulla pyritään selvittämään, mitkä tekijät uhkaavat lajien elinmahdollisuuksia.

Eliöyhteisöjä ja populaatioita tutkitaan useimmiten maastossa. Kenttätutkimukset edellyttävät hyvää lajintuntemusta, jotta havainnot voidaan liittää oikeisiin eliölajeihin. Tutkijoiden ja muiden ammattiekologien lisäksi myös luontoharrastajat voivat osallistua monenlaisiin lajistoa ja lajien runsautta koskeviin selvityksiin. Monesti työkenttä onkin niin laaja, etteivät tutkijat yksin siitä selviäisikään. Elinympäristöjen muutoksia seurataan myös tekemällä säännöllisin väliajoin kasvillisuuskartoituksia.

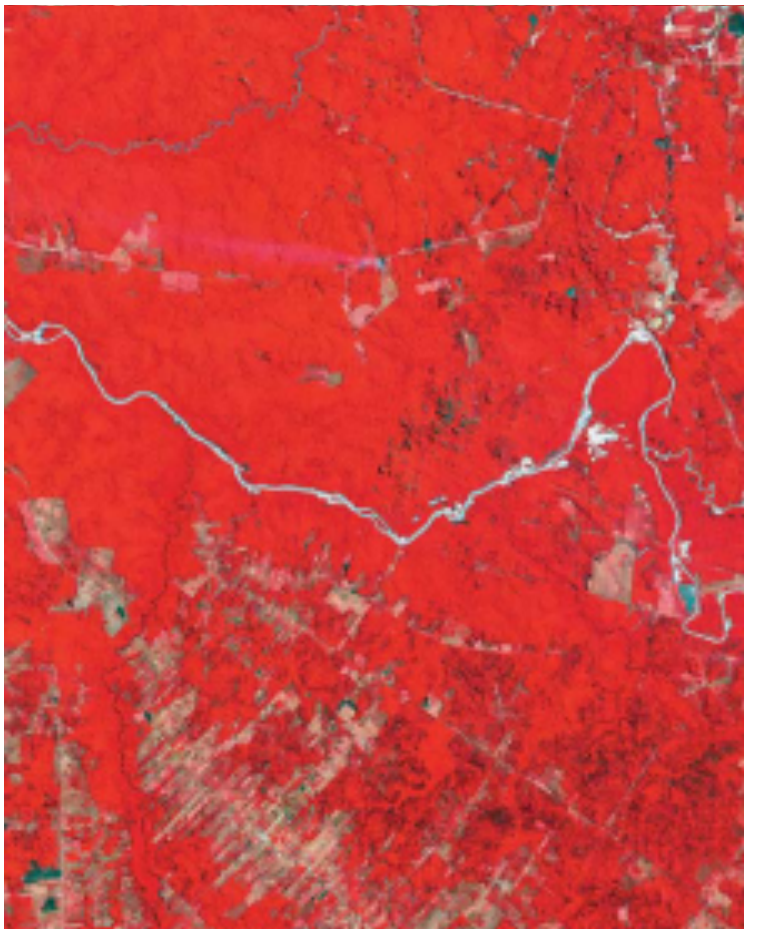
Hajottajien toimintaa luonnontilaisella suolla voidaan tutkia esimerkiksi mittaamalla hiilidioksidi- ja metaanikaasujen määriä turpeen pinnalla.

Mitä kasveissa tapahtuisi, jos ne joutuisivat alttiiksi vaikkapa lisääntyvälle ultraviolettisäteilylle? Kuvan koejärjestelyssä vastauksia haetaan kokeellisen tutkimuksen avulla. Siinä kasvit tai niiden osat altistetaan kontrolloiduissa oloissa erilaisille UV-säteilyn voimakkuuksille. Samaan tapaan voidaan kokeellisesti tutkia myös alailmakehän otsonin, happaman laskeuman tai erilaisten päästöjen ja myrkkyjen vaikutuksia. Eniten tutkimusta on toistaiseksi tehty taloudellisesti merkittävillä lajeilla, kuten esimerkiksi viljelykasveilla ja metsätaloudelle tärkeillä puulajeilla.

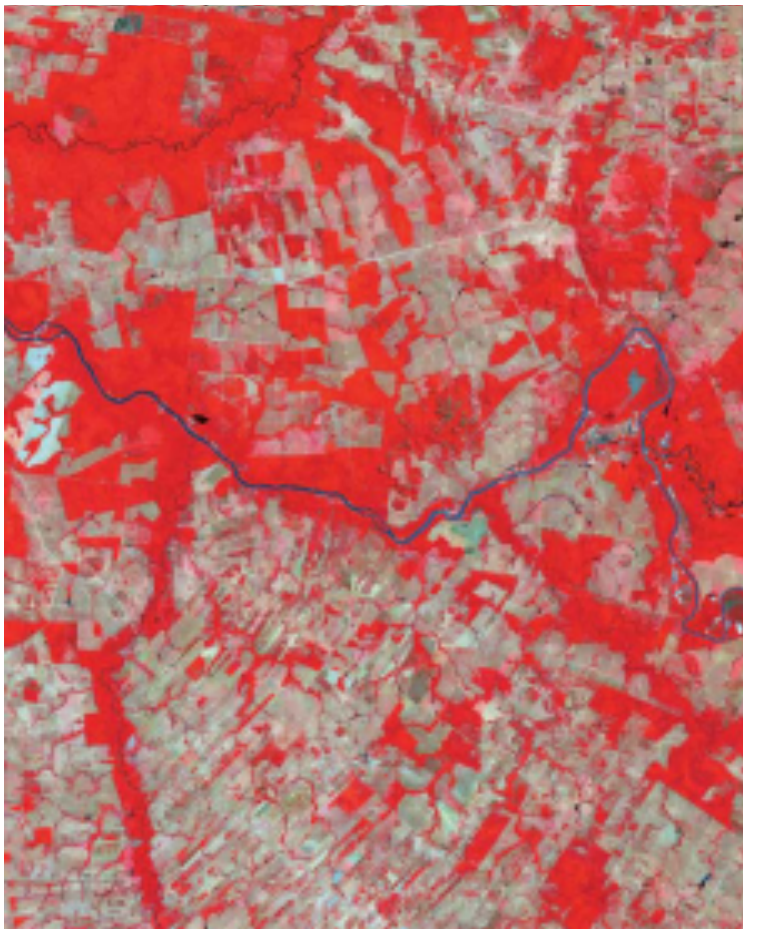
Tutkimustyöhön sisältyy yleensä monenlaisia lajistokartoituksia ja laskentoja eri vuodenaikoina. Usein populaatiotutkimuksiin kuuluu myös eläinyksilöiden pyydystämistä, merkitsemistä tai jopa varustamista seurannan mahdollistavilla radiolaitteilla. Muutoksien erottaminen satunnaisesta vaihtelusta edellyttää monesti kymmenien vuosien seurantatutkimuksia. Esimerkiksi Helsingin yliopiston Kilpisjärven biologisella asemalla on seurattu pikkunisäkkäiden ja kololintujen populaatioiden kokoa yli 50 vuoden ajan.

Aineiden kierron ja sen häiriöiden tutkimisessa tarvitaan usein myös erilaisia mittauksia pitkältä aikaväliltä. Esimerkiksi ilmakehän hiilidioksidin määrää on mitattu tarkasti Sodankylän ja Keski-Suomessa sijaitsevan Hyytiälän mittausasemilla vuodesta 1998 lähtien ja samanaikaisesti on tutkittu puiden hiilidioksidin sitomista. Mittauksissa on todettu selvää ilmakehän hiilidioksidimäärän kasvua, mutta samalla mäntyjen sitoman hiilidioksidin määrä on lisääntynyt selvästi. Myös monien ympäristömyrkkyjen määriä voidaan selvittää pitkältä ajalta ottamalla näytteitä jäätiköistä. Erilaisten mittaustulosten perusteella on mahdollista rakentaa malleja ilmiöistä ja ennustaa tulevaisuudessa tapahtuvia muutoksia.

Laajojen ympäristömuutosten seurannassa ovat apuna satelliittikuvat. Esimerkiksi Amazonin sademetsän häviämisen, Araljärven kuivumisen tai Sahelin aavikoitumisen etenemistä on mahdollista seurata vertaamalla eri aikoina rekisteröityjä satelliittikuvia. Myös Itämeren rehevöitymiseen liittyvien syanobakteerien (sinilevien) esiintymistä seurataan säännöllisesti satelliittien suorittaman kaukokartoituksen avulla. Satelliittien herkät mittalaitteet rekisteröivät pintavesissä esiintyvän lehtivihreän, ja mittaustuloksista saadaan nopeasti kuva syanobakteerien määristä ja esiintymisalueista.



Amazonin sademetsää vuonna 1992



Amazonin sademetsää vuonna 2006

10 km

Amazonin sademetsän hakkuita seurataan satelliittikuvien avulla. Luonnonvarasatelliittien keilaimet rekisteröivät näkyvän valon lisäksi myös infrapunaa, jolloin kasvillisuuden tiheys näkyy selvästi kuvista. Landsat-satelliittien rekisteröimissä väärävärikuvissa metsät näkyvät punaisina ja hakkuut sinertävinä.

Seurantatutkimuksilla selvitetään eläin- ja kasvipopulaatioiden muutoksia

Kilpisjärven biologisella asemalla suoritettavassa tutkimuksessa keskeistä ovat pitkäaikaisseurannat ja niistä kumpuava tutkimus. Monet seurantatutkimuksista ovat maailmanlaajuisestikin omaa luokkaansa. Esimerkiksi vuodesta 1946 keskeytyksettä jatkunut pikkunisäkkäiden seuranta on sarjassaan yksi maailman pitkäkestoisimmista.

Pitkäaikaisseurannat tuottavat aineistoa perustutkimukselle. Aivan viimeisinä vuosina pitkäaikaisseurannat ovat osoittaneet myös tarpeellisuutensa esimerkiksi ilmastonmuutosta tutkittaessa. Lämpenevä ilmasto heijastuu sekä kasvistoon että eläimistöön, ja pitkäaikaistutkimusten perusteella yritetään mallintaa ilmastonmuutoksen vaikutusta pohjoiseen luontoon.

Pikkunisäkässeurannan lisäksi kololintujen pesintää on seurattu hyvin pitkään, vuodesta 1957 lähtien. Muita pitkäaikaisseurantoja on tehty muun muassa kasvibiomassasta ja sienisadosta. Lisäksi seurataan kasvillisuuden laadun ja määrän jaksoittaisuutta sekä sen yhteyttä eläinkantojen vaihteluun, tunturiluonnon kulutuskestävyyttä ja lumipeitteen vaikutusta kasvillisuustyyppeihin.

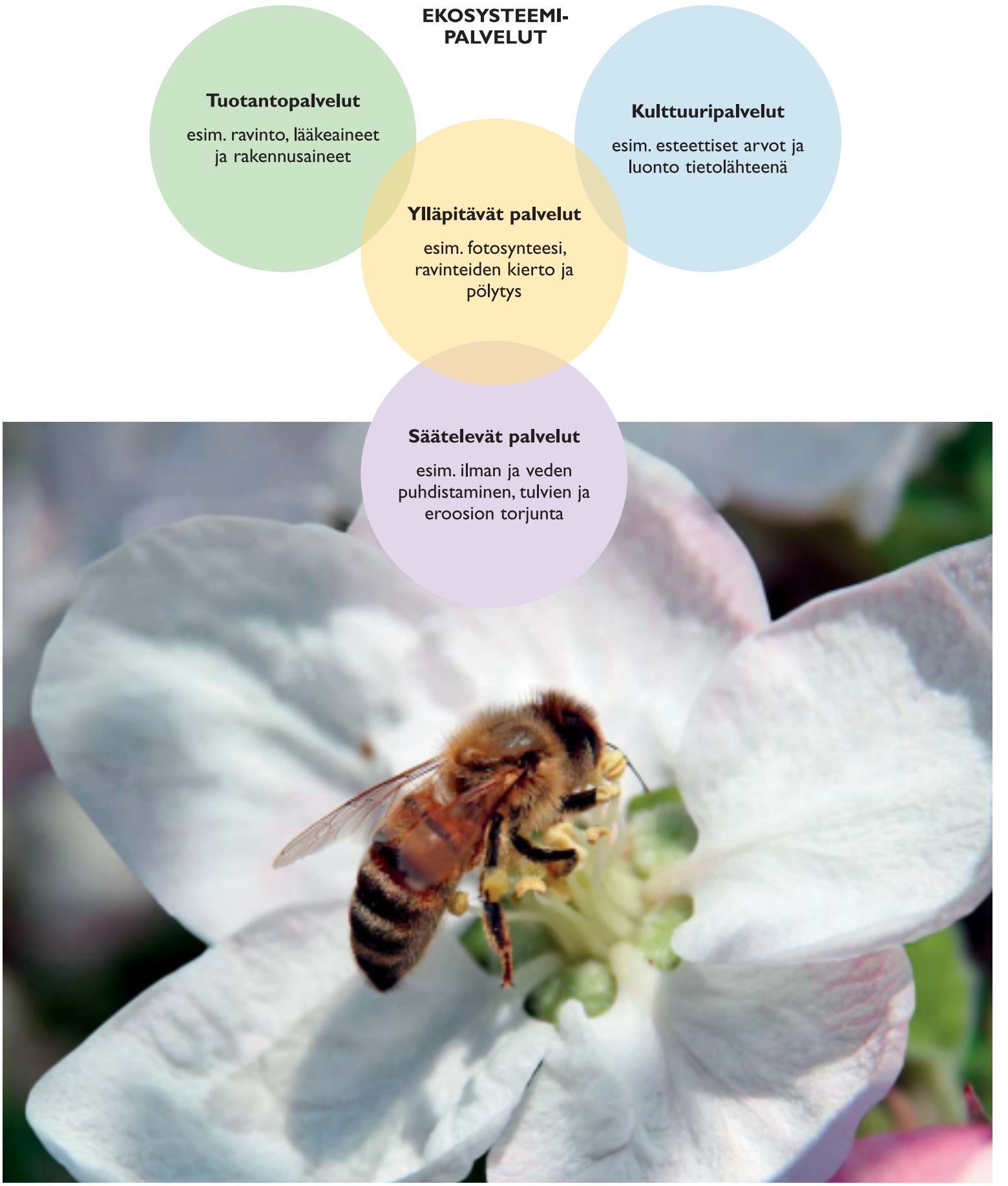
Kasvipeitteen kartoitusta Kilpisjärvellä.

Ihminen tarvitsee ekosysteemejä ja ekosysteemipalveluja

Yhteiskunta on riippuvainen luonnonvaroista ja luonnon toiminnoista. Ekosysteemipalvelut ovat ihmisen luonnosta saamia aineettomia ja aineellisia hyötyjä, joille pyritään laskemaan taloudellinen arvo. Niitä ovat muun muassa ravinto, lääkeaineet, rakennustarvikkeet ja virkistysmahdollisuudet. Myös ekosysteemin toiminta, kuten esimerkiksi maaperän aineiden kierto, hyönteisten suorittama pölytys tai kosteikkojen tulvia tasaava vaikutus, kuuluvat ekosysteemipalveluihin.

Muuttamalla ympäristöään ihminen vaikuttaa samalla ekosysteemipalveluihin. Ilmastonmuutoksen aiheuttamilla lämpötilojen ja sademäärien muutoksilla arvioidaan olevan erittäin suuri vaikutus ihmisen kannalta tärkeiden lajien esiintymisalueisiin. Esimerkiksi metsien puulajikoostumukset muuttuvat ja monet tuholaiset ja loiset leviävät uusille alueille. Ilmakehän lämpeneminen lisää myös haihtumista ja vähentää sateita, mikä lisää maaperän eroosiota tärkeillä viljelyalueilla. Lisäksi monet tulevaisuuden ravinto- ja lääkekasvit ovat uhattuina.

Luonnon monimuotoisuuden väheneminen uhkaa ekosysteemien toimintaa ja vaarantaa siten ekosysteemipalvelujen säilymisen. Monimuotoiset eliöyhteisöt pystyvät toipumaan paremmin häiriöistä ja voivat olla tuottavampia kuin vähälajiset ekosysteemit.

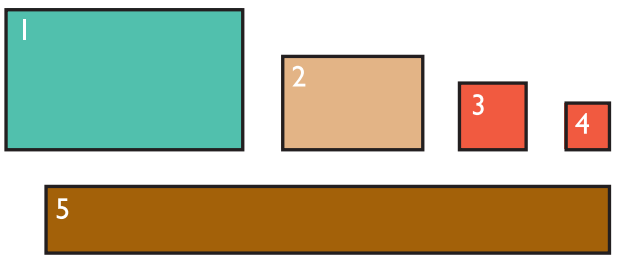


Monet hyönteiset, kuten mehiläiset ja kimalaiset, ovat tehokkaita pölyttäjiä. Valmistaakseen puoli kiloa hunajaa mehiläiset käyvät 3–4 miljoonassa kukassa ja lentävät noin 80 000 kilometriä. Monien ihmisen kannalta tärkeiden marjojen, hedelmien ja siementen tuotanto on täysin riippuvaista näistä pölyttäjistä. Useat maataloudessa käytetyt hyönteismyrkyt ovat aiheuttaneet mehiläisten joukkokuolemia eri puolilla maailmaa.

TEHTÄVÄT

1. Ravintoketju

Oheiset laatikot kuvaavat ravintoketjun osatekijöitä.



a. Piirrä sama kuvio ja nimeä osat 1–5.
b. Merkitse kuvioon nuolilla, miten orgaaninen aine kulkee ravintoketjussa.
c. Piirrä katkoviivalla myös epäorgaanista ainetta kuvaava nuoli.
d. Piirrä punaisella nuolet, jotka kuvaavat energian kulkua ravintoketjussa.
e. Selitä, miksi laatikot ovat eri kokoisia.

2. Käsitekartta

Laadi kertauksena käsitekartta seuraavista, jo biologian ensimmäisestä kurssista tutuista käsitteistä: abioottinen, biomi, bioottinen, biosfääri, ekologinen tehokkuus, ekosysteemi, eliöyhteisö, jatkotuotanto, kilpailu, laidunnus, loissuhde, minimitekijä, mutualismi, ohivirtaus, perustuotanto, populaatio, saalistus, symbioosi.

3. Ravintoketjun toiminta

yo s-12

a. Mitä ovat ravintoketju ja ravintoverkko?
b. Mistä energia tulee, ja miten se siirtyy kuvien 1–3 eliöltä toiselle? Millaisiin lajienvälisiin suhteisiin energian siirtyminen perustuu?
c. Mitä tarvitaan kuvien esittämien eliöiden lisäksi, jotta ravinteet kiertäisivät ekosysteemissä?

4. Avaruusaluksen varustelu

Kuvittele osallistuvasi seuraavanlaiseen suureen hankkeeseen: Olet mukana työryhmässä, jonka tarkoituksena on suunnitella varustus erittäin pitkää avaruudessa oleskelua varten. Maata kiertävälle radalle kootaan suuri avaruusalus, jonka pitää olla avaruudessa jopa 6 000 vuoden ajan. Miten alus pitäisi varustaa, että se säilyisi elinkelpoisena koko matkan ajan? Miten elinkelpoisuutta ylläpidetään matkan aikana? Alukselle mahtuu kerrallaan tuhat matkustajaa. Vain tunnettua tekniikkaa on mahdollista hyödyntää. Laadi pääpiirteittäinen suunnitelma aluksen varustelusta ja ylläpidosta.

5. Ympäristöuutiset

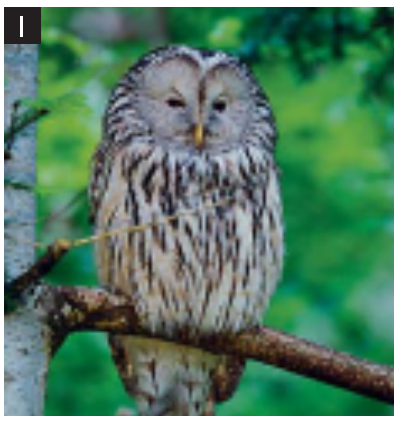
tt

Seuraa kurssin aikana tiedotusvälineiden ympäristöasioita koskevaa uutisointia ja kerää aiheeseen liittyviä lehtiartikkeleita. Luokittele uutiset ja esittele luokittelusi perusteet. Analysoi uutisten taustoja samaan tapaan kuin ympäristöaiheisiin paneutuvat toimittajat tekevät. Selvitä myös, mitä alueita tai aiheita koskevat jutut näyttävät ylittävän helpoiten uutiskynnyksen.

6. Taantuneita lajeja

Sekä kottarainen, peltosirkku että ruiskaunokki ovat viljelymaiden lajeja, joiden kannat pienenivät hyvin voimakkaasti 1960- ja 70-luvulla.

a. Hae tietoa lajeista.
b. Mitä erilaisia hypoteeseja eli oletuksia lajien vähenemiselle voisit keksiä?
c. Miten vähenemisen syitä voitaisiin tutkia?



7. Tärkeimmiksi koetut ympäristöongelmat

tt

Laadi kyselytutkimus, jossa selvität, mitkä ovat ihmisten mielestä tärkeimmiksi koetut ympäristöongelmat a. globaalilla tasolla, b. Euroopassa, c. Suomessa, d. lähialueella eli omassa kotimaakunnassa ja e. omalla asuinpaikkakunnalla. Analysoi tuloksia ja laadi raportti.

8. Ympäristötiedot ja -asenteet

tt

Kerää lehdistä kuvia alkuperäisestä ja ihmisen eri tavoin muokkaamasta luonnosta. Muokkaaminen voi liittyä esimerkiksi rehevöitymiseen, happamoitumiseen, ympäristömyrkkyjen leviämiseen, vieraslajeihin tai ilmastonmuutokseen. Tee kuvien pohjalta haastattelututkimus, jossa selvität eri-ikäisten ihmisten luontoa koskevia tietoja ja asenteita. Kuinka hyvin kuvien kohteet tunnistetaan? Millaista luontoa arvostetaan? Miten ikä ja sukupuoli vaikuttavat? Laadi tuloksista raportti ja pohdi tuloksiin vaikuttavia tekijöitä.

9. Metapopulaatiot

Metapopulaatiolla tarkoitetaan pienten paikallispopulaatioiden muodostamaa kokonaisuutta. Tarkastele metapopulaation erityispiirteitä, syntyä ja evolutiivista merkitystä.

a. Mitä metapopulaatiolla tarkoitetaan?
b. Mitkä ovat metapopulaation erityispiirteet?
c. Miten metapopulaatio syntyy?
d. Mikä on metapopulaation evolutiivinen merkitys?

Yhteenveto

	Ekologinen tutkimus	Ympäristöekologisen häiriön tutkimus
Ekosysteemi	• aineiden kierrot • energian virtaus	• rehevöityminen • happamoituminen • myrkylliset aineet ravintoketjussa • ilmastonmuutos
Eliöyhteisö	• lajien väliset suhteet • lajimonimuotoisuus	• lajimonimuotoisuuden väheneminen • vieraslajit
Laji ja populaatio	• populaation ominaisuudet • lajin ekolokero	• lajin sisäisen monimuotoisuuden väheneminen • uhanalaisuus

Avainsanat

abioottinen
aineiden kierto
bioindikaattorilaji
bioottinen
biosfääri
ekologia
ekolokero
ekosysteemi
ekosysteemipalvelu
eliöyhteisö
energian virtaus
metapopulaatio
minimitekijä
populaatio
ravintoketju
sietoisuusalue
sukkessio
tulokaslaji
vieraslaji

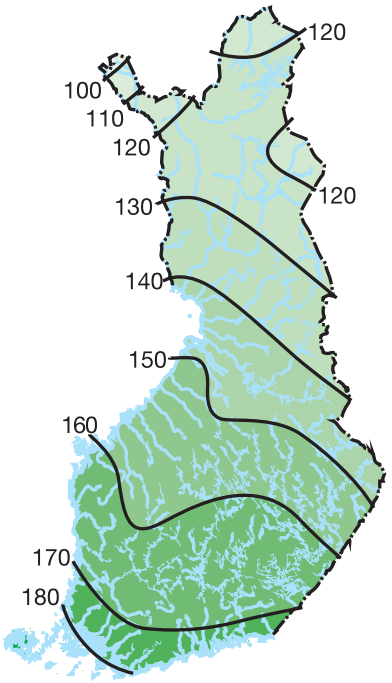
Suomen ekosysteemit ovat herkästi haavoittuvia

Vanhassa metsässä maassa lojuu tuulen kaatamia puita, joissa elää kääpiä ja monenlaisia hyönteisiä. Pystyssä on vanhoja lahoavia puita, joiden rungoilta monet eliöt löytävät ravintonsa ja pesäpaikkansa. Tällainen maisema on käymässä harvinaiseksi. Metsiä on aikojen kuluessa käytetty kaskiviljelyyn ja tervanpolttoon, raivattu pelloiksi, jäänyt asutuksen alle sekä hakattu saha- ja paperiteollisuuden raaka-aineeksi. Luonnontilaisten vanhojen metsien pinta-ala pienenee edelleen, ja useat niissä elävät lajit ovatkin uhanalaisia.

Suomen ekosysteemit ovat kehittyneet jääkauden jälkeen

Suomalainen luonnonmaisema on kehittynyt varsin lyhyen ajan kuluessa viimeisen jääkauden jälkeen, eli noin 10 000 vuoden aikana. Suomen luonnon ominaispiirteisiin vaikuttaa lisäksi pohjoinen sijainti, jonka seurauksena olosuhteet vaihtelevat suuresti vuodenaikojen mukaan. Suomesta löytyy runsaasti eri biotooppeja eli elinympäristöjä. Kussakin biotoopissa elää siellä vallitseviin olosuhteisiin sopeutuneita lajeja.

Kasvukausi Suomessa

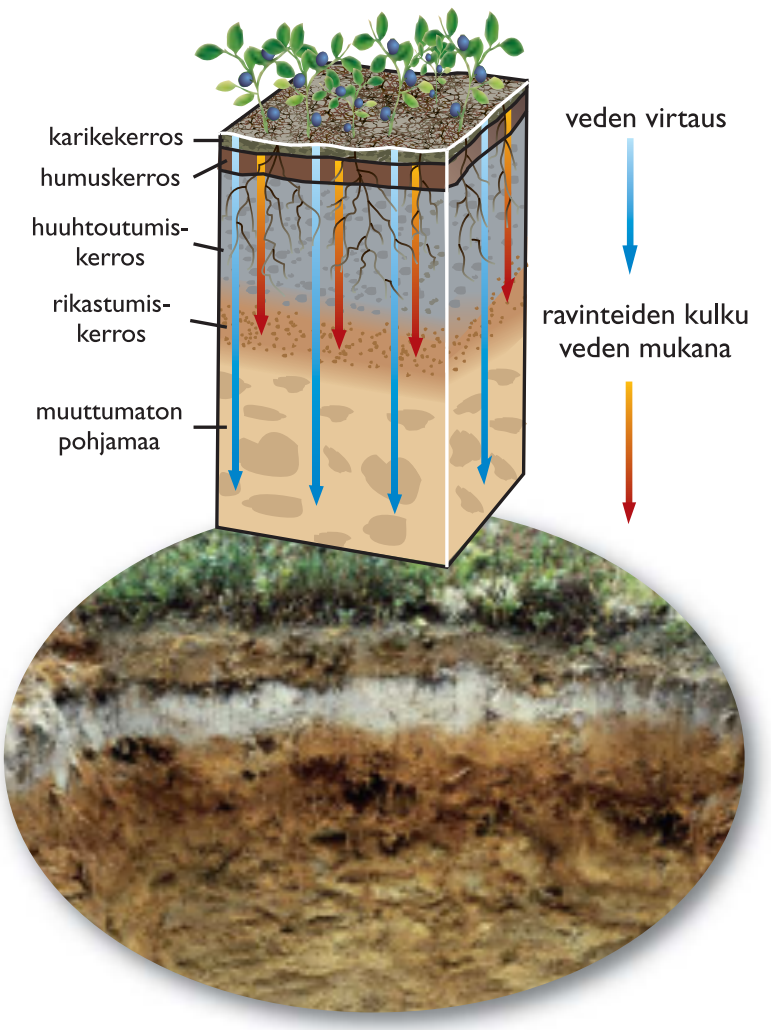


Kasvukauden pituus Suomessa (vrk). Kasvukausi on se aika vuodesta, jolloin vuorokauden keskilämpötila on pysyvästi yli viisi astetta.

Maisemassa näkyy edelleen runsaasti jääkauden merkkejä, kuten harjuja ja moreeniselänteitä. Maaperä vaikuttaa yhdessä muiden abioottisten ympäristötekijöiden kanssa elolliseen luontoon.

Suomi on pitkä maa etelä–pohjoissuunnassa. Vuoden keskilämpötila on maamme pohjoisosissa noin –1 astetta, kun taas eteläisimmissä osissa +5 astetta. Kasvukauden pituudessa ero eteläisen ja pohjoisen Suomen välillä on noin 60 vuorokautta. Vuotuinen sademäärä ei ole Suomessa kovin korkea, mutta kostean ja viileän ilmaston takia haihtuminen on vähäistä. Vesi pitää maaperän kosteana. Suomen maapinta-alasta lähes kolmasosa onkin suota.

Suomen kallioperä on osa laajaa, erittäin vanhaa peruskalliota. Suomen kallioperän yleisin kivilaji on graniitti, joka rapautuu hitaasti. Graniitin rapautuessa syntyy happamia kivennäismaalajeja. Suomen maaperä on geologisesti nuorta, koska jääkausi irrotti lähes kaikki aiemmin syntyneet kivennäismaalajit ja eloperäiset maalajit ovat pääasiassa peräisin jääkauden jälkeiseltä ajalta. Yleisin kivennäismaalaji on moreeni, jota syntyi jääkauden aikana jään kuluttaessa kallioperää. Havumetsävyöhykkeen maannos on hapan ja niukkaravinteinen podsoli. Vain lehdoissa on ravinteikkaampaa ruskomaannosta.



Podsolimaannoksessa karikekerroksen alla on ohut humuskerros. Sadeveden mukana ravinteet kulkeutuvat vaaleana näkyvästä huuhtoutumiskerroksesta rikastumiskerrokseen, jonka punertava väri on seurausta raudan saostumisesta.

Tärkeä ekologinen tekijä on kylmä ja luminen talvi. Lumi eristää ja on hyvä pakkassuoja pienille nisäkkäille. Suurten nisäkkäiden on pystyttävä saalistamaan lumessa, kaivamaan ravintonsa sen alta tai käyttämään kesän aikana varastoimaansa vararavintoa. Lumen ja pakkasen takia monet lajit eivät talvella saa ravintoa, minkä vuoksi niiden on turvauduttava muuttoon (muuttolinnut), talviuneen (esim. karhu) tai talvihorrokseen (esim. siili).

Suomessa pesivistä lintulajeista noin 75 prosenttia on muuttolintuja. Pisimmät muuttomatkat ovat jopa 20 000 kilometriä. Laulujoutsenet muuttavat Suomesta talvehtimaan eteläiselle Itämerelle, Pohjanmerelle ja Saksaan.

Vaihtolämpöiset eläimet, kuten kyy, vaipuvat kylmänhorrokseen. Kylmänhorroksessa elintoiminnot ovat lähes pysähdyksissä ja eläimen ruumiinlämpö voi laskea nollan alapuolelle. Solut eivät kuitenkaan jäädy, koska niihin muodostuu glyserolia, joka laskee soluliman jäätymispistettä.

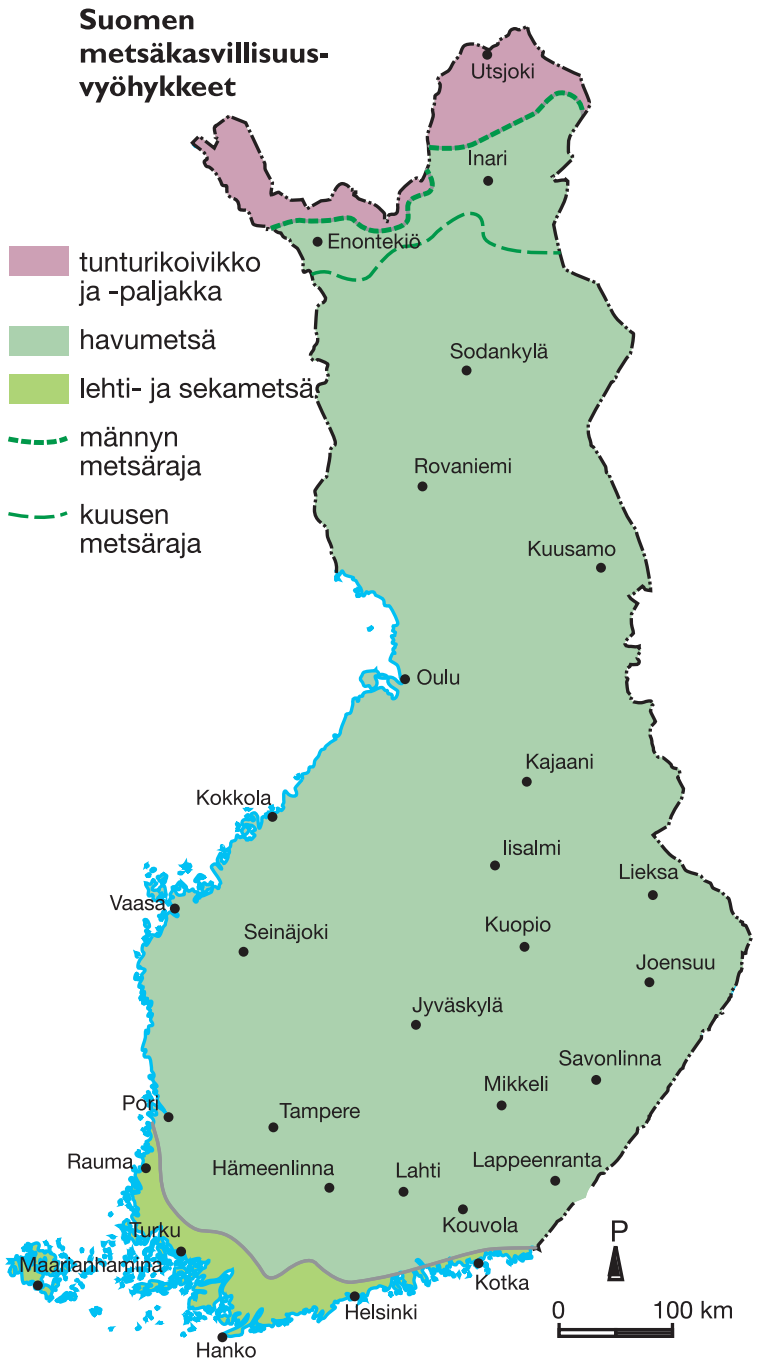
Tasalämpöisistä eläimistä siili ja lepakot vaipuvat talvihorrokseen. Talvihorroksessa elimistön lämpötila pysyy parissa lämpöasteessa. Ennen talvihorrosta nämä eläimet tankkaavat energiaa rasvavarastoihinsa.

Kasveilla on monia keinoja selviytyä talvesta. Lehtipuut hajottavat lehdissään olevan lehtivihreän päivien lyhentyessä. Tällöin lehtiin jää vain keltaisia ja punaisia väriaineita, mikä näkyy puiden ruskaväreinä. Lehtivihreän sisältämät rakennusaineet varastoituvat puiden runkoon. Osa kasveista talvehtii juurakkoina, sipuleina ja varsimukuloina ja osa siemeninä.

Suurin osa Suomen metsistä on havumetsiä

Suurin osa Suomesta kuuluu laajaan pohjoiseen havumetsävyöhykkeeseen eli taigaan. Havumetsävyöhykkeen pohjoispuolella on Tunturi-Lappi, joka kuuluu tunturikoivuvyöhykkeeseen. Siellä luonnonolosuhteet ovat ankarat ja kasvillisuus niukkaa. Puulajina on matala tunturikoivu, ja puuttomilla tuntureilla kasvaa matalia varpuja, saroja, sammalia ja jäkäliä. Eteläisessä Suomessa on lehti- ja havumetsän vaihettumisvyöhyke, ja eteläisin Suomi kuuluu tammivyöhykkeeseen.

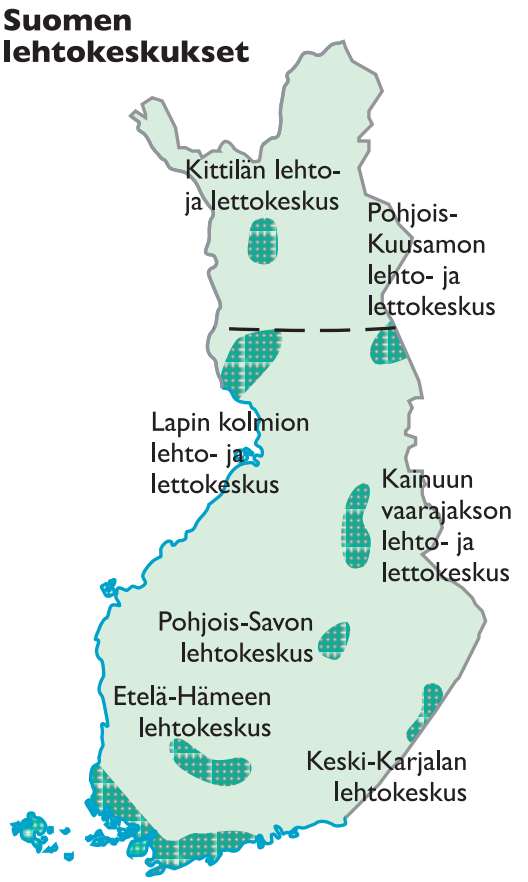
Suomen havumetsien puukerroksessa on tavallisesti kahdesta kolmeen valtalajia, pensaskerros on niukka, kenttäkerroksessa tyypillisiä ovat varvut ja pohjakerroksessa sammalet ja jäkälät. Viileyden vuoksi hajottajien toiminta on hidasta, ja osa biomassasta muodostaa maan pinnalle kerrostuvaa kangasturvetta. Maan pintaosat ovat yleensä happamia, ja kasveille käyttökelpoisia liuenneita ravinteita on niukasti. Kuollutta orgaanista ainesta on runsaasti esimerkiksi karikkeessa, turpeessa ja lahopuissa. Tärkeitä hajottajaryhmiä ovat sienet, punkit ja monet kovakuoriaiset.



Raskas lumitaakka, talven kylmyys ja kasvukauden lyhyys määräävät havumetsien pohjoisrajan, joka on samalla metsäraja.

Lapin tunturikoivikkoja on monenlaisia. Erot aiheutuvat maaperän ravinteisuudesta sekä ilmaston mereisyyden tai mantereisuuden aiheuttamista kesän ja talven lämpötilaeroista.

Suomen lehdot sijaitsevat Lounais-Suomen lehtovyöhykkeellä ja muualla maassa erityisissä lehtokeskuksissa. Lehtojen maannos on ruskomaata. Siinä ei ole selvää kerroksellisuutta, kuten podsolimaannoksessa, vaan eloperäinen hajonnut aines on sekoittuneena kivennäismaahan. Lahoavaa ainesta syntyy runsaasti lehtipuiden pudottaessa lehtensä, ja maaperässä onkin paljon hajottajia. Hajottajien toiminnan tuloksena syntyy multakerros, jossa on runsaasti ravinteita kasvien käyttöön. Suomessa tyypillisiä lehtokasveja ovat jalot lehtipuut, kuten tuomi ja lehmus, sekä erilaiset kevätkukkijat, kuten kevätlinnunherne sekä sini- ja valkovuokko. Kenttäkerroksessa ei ole varpuja, ja pohjakerroksesta puuttuvat jäkälät.

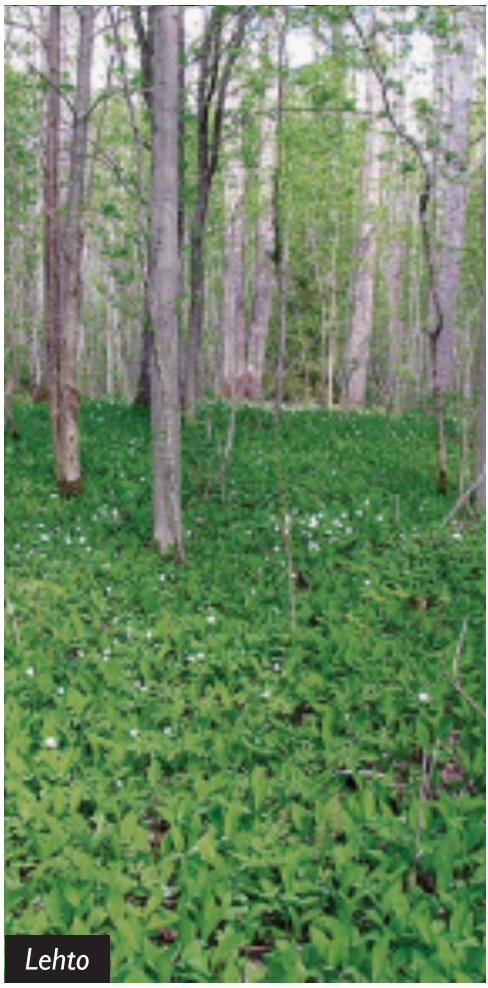


Tammivyöhykkeen lehto-alueen ja lehtokeskuksien lisäksi on paikallisia lehtoja. Kallioperä, maaperä ja pienilmasto vaikuttavat paikallisten lehtojen muodostumiseen esimerkiksi puronotkoihin ja kallioiden juurelle.

Karukkokangas

Kuiva kangas

Tuore kangas


Lehto

Suomen metsien kasvupaikkatyypit luokitellaan ravinteisuuden mukaan. Metsämme jaotellaan kangasmetsiin ja lehtoihin. Metsiä voidaan luokitella eri tavoin luokituksen käyttökohteen mukaan.

Metsien talouskäyttö on vähentänyt luonnontilaisia metsiä

Suomessa on harjoitettu tehokasta metsätaloutta 1900-luvun alusta lähtien. Metsätalouden ansiosta puuston kasvu onkin lisääntynyt ja metsäpinta-ala on kasvanut erityisesti soiden ojitusten seurauksena. Tehokkaasta metsätaloudesta on ollut myös monia haittoja. Metsien eliölajisto on yksipuolistunut, koska ekologisten lokeroiden määrä hoidetuissa talousmetsissä on paljon pienempi kuin luonnontilaisessa metsässä. Vanhat metsät ja lehdot ovat vähentyneet, ja siten myös niiden eliölajeista on tullut uhanalaisia. Metsät ovat avohakkuiden ja metsäautoteiden vuoksi pirstoutuneet pieniksi laikuiksi. Hoitometsät hakataan alle sadan vuoden ikäisinä, koska siinä vaiheessa niiden kasvu alkaa hidastua. Arvioidaan, että täysin luonnontilaisia, hakkuilta säästyneitä metsiä on Suomessa vain noin viisi prosenttia. Nämä luonnontilaiset metsät sijaitsevat pääasiassa Pohjois-Suomessa.

Valtaosa lehdoista sijaitsee maatalouden kannalta ilmastollisesti edullisilla alueilla eteläisessä Suomessa. Ravinteikkaat lehdot on raivattu pelloiksi, tai ne ovat joutuneet väistymään asutuksen tieltä. Myös karjan laiduntamisen loppuminen on muuttanut metsiä. Laidunmetsät säilyivät avoimempina, kun karja söi aluskasvillisuutta ja pensaita.

Metsälaki ja -asetus säätelevät muun muassa puuston kasvatustiheyttä sekä uudistushakkuiden toteuttamista ja niiden ajankohtaa. Hakkuualueille tulee jättää kuolleita pystypuita, jolloin lahoavaa ainesta ravintonaan käyttävien sekä pesäkoloja tarvitsevien eliölajien elinmahdollisuudet paranevat. Metsälaissa määritellään myös erityisen tärkeät elinympäristöt, joissa elää monia harvinaisia tai vaateliaita eliölajeja. Nämä elinympäristöt eivät kuitenkaan ole automaattisesti suojelun piirissä, vaan niiden säilyttäminen on harkinnanvaraista. Mikäli metsänomistajalle koituu taloudellista haittaa jonkin arvokkaan elinympäristön säilyttämisestä, alueelle voidaan myöntää hakkuulupa. Paikalliset metsäkeskukset ovat vastuussa arvokkaiden elinympäristöjen kartoittamisesta. Arvokkaat elinympäristöt ovat itsessään liian pienialaisia ylläpitämään biodiversiteettiä, mutta ne voivat toimia ns. askelkivinä tai ekologisina käytävinä, joiden avulla lajien osapopulaatiot voivat olla yhteydessä toisiinsa.

Lähteet ovat arvokkaita elinympäristöjä. Lähteissä pohjavesi nousee maan pinnalle, ja siksi lähteiden vesi on puhdasta ja kylmää.

Erityisen tärkeät elinympäristöt metsissä

Rehevät lehtolaikut.
Pienet kangasmetsäsaarekkeet ojittamattomilla soilla.
Rehevät suot, kuten saniaiskorvet ja Lapin eteläpuolella sijaitsevat letot.
Lähteiden, purojen ja pienten lampien lähiympäristöt.
Rotkot ja kurut.
Jyrkänteet ja niiden alla sijaitsevat metsät.
Hietikot, kalliot ym. puuntuotannollisesti vähätuottoiset elinympäristöt.

Puuntuotanto ei ole ainoa ekosysteemipalvelu, jota metsät tarjoavat. Marjastus, sienestys, metsästys ja retkeily ovat Suomessa sekä taloudellisesti että virkistyksen kannalta tärkeitä. Suomen laajat jokamiehenoikeudet edistävät metsien monikäyttöä.

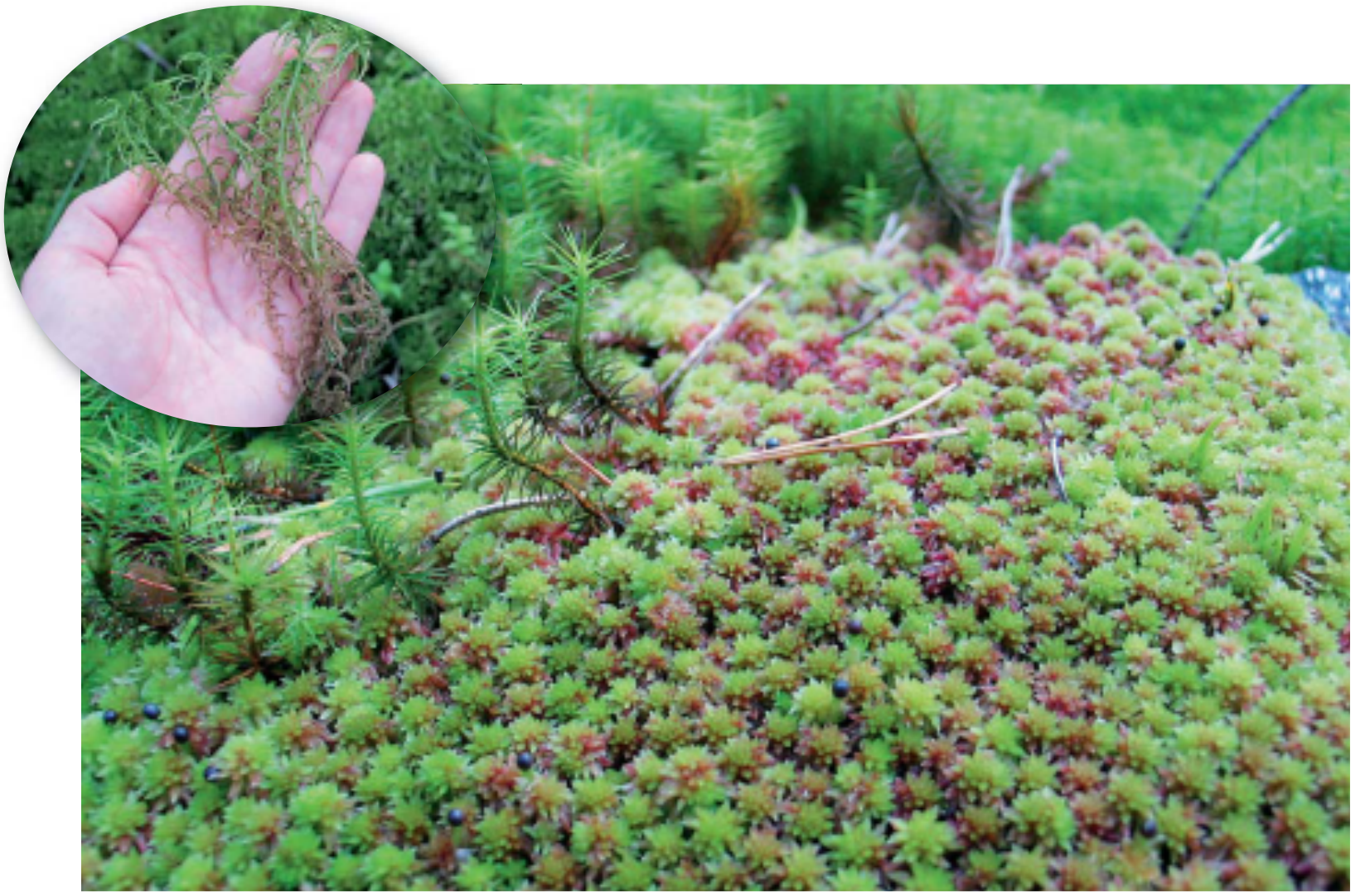
Vuonna 1997 säädettiin metsälaki, jonka tavoitteena on metsien biologisen monimuotoisuuden turvaaminen ja metsien kestävä käyttö. Metsälaki koskee kaikkia metsänomistajia, niin yksityisiä, yrityksiä kuin valtiotakin. Metsälaissa määritellään talousmetsien uudet käsittelytavat. Metsälain uudistustyö on käynnissä (2013). Avohakkuualueelta kerätyt kannot voidaan käyttää polttohakkeena.

Suomessa on hyvät edellytykset soiden syntymiselle

Soita ovat sellaiset ekosysteemit, joissa muodostuu turvetta. Turve on eloperäinen maalaji, jota syntyy, kun kuollut orgaaninen aines ei hajoa täydellisesti. Suomessa on soita kuudenneksi eniten koko maailmassa. Soiden yleisyys johtuu kosteasta ja viileästä ilmastosta, jossa vettä haihtuu vähemmän kuin sitä sataa maahan. Suomi on muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta myös hyvin tasainen maa. Tasaisuus hidastaa veden virtaamista pintavetenä. Näin kasvualustaan, esimerkiksi metsänotkelmaan, voi kertyä runsaasti vettä. Märässä maassa on vähän happea, mikä estää aerobisen hajotustoiminnan eli lahoamisen.

Suot syntyvät pitkän ajan kuluessa, kun turvekerrokset kasvavat vähitellen paksuutta (1–2 mm/v). On arvioitu, että turvekerrokset voivat jatkaa paksuuntumista tuhansia vuosia, jos suo jätetään rauhaan. Soiden syntyminen eli soistuminen alkoi Suomessa heti mannerjään väistyttyä. Soita syntyy merestä kohoavan maan ja metsämaan soistuessa sekä järvien kasvaessa umpeen. Suomessa ei enää synny merkittävässä määrin uusia suoalueita, koska soistumiselle otollisimmat alueet ovat jo kehittyneet soiksi.

Soilla on aivan omat eliölajinsa, jotka ovat sopeutuneet happamaan, vähäravinteiseen, vetiseen ja vähähappiseen elinympäristöön. Happamuuden vuoksi ravinteet ovat sitoutuneet tiukasti turpeeseen, eikä esimerkiksi puusto pysty tehokkaasti hyödyntämään niitä. Vain suo-olosuhteisiin sopeutuneet kasvit, kuten rahkasammalet, suovillat, sarat sekä jotkin varvut ja ruohovartiset kasvit, menestyvät. Niidenkin kasvu on hidasta.



Rahkasammalet ovat sopeutuneet suon olosuhteisiin. Rahkasammalessa on erityisiä, vettä runsaasti varastoivia rahkasoluja. Rahkasammal kasvaa yläosastaan, ja sekovarren alaosa kuolee. Suolle muodostuva turve onkin pääasiassa kuollutta, osittain hajonnutta rahkasammalta.

Nevat ovat tyypillisiä Pohjois-Suomen soita. Puut eivät pysty kasvamaan vetisessä maassa, ja nevojen tyyppikasveja ovatkin erilaiset suovillat ja sarat.

Tupasvilla (Eriophorum vaginatum)

Karpalo (Vaccinium oxycoccos)

Suomuurain (Rubus chamaemorus)

Rämeen pohjakerrosta hallitsevat rahkasammalet. Kuivemmilla rahkasammalmättäillä kasvaa erilaisia varpuja, kuten suopursuja, vaivaiskoivuja ja karpaloita.

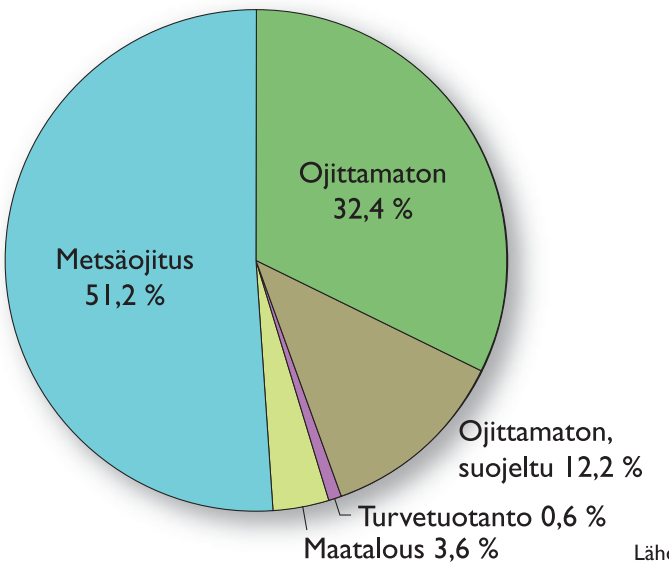
Suomen soista yksi viidesosa on korpia. Korven hämäryydessä viihtyvät erilaiset saniaiset, kortteet sekä suomuurain.

Soita voidaan luokitella kasvillisuuden perusteella eri suotyyppeihin. Puita kasvavat suot ovat joko korpia tai rämeitä. Korpien valtapuu on kuusi, rämeiden taas mänty. Räme on Suomen yleisin suotyyppi. Puuttomat karut suot ovat nevoja, ja runsasravinteisille paikoille syntyneet puuttomat suot lettoja. Monien soiden reunoilla esiintyy lehtipuita ja pajukoita kasvavia luhtia.

Suon pinnanmuodot vaikuttavat suolla vallitseviin ympäristötekijöihin. Laajoilla suoalueilla kahdesta tai useammasta suotyypistä muodostuu suoyhdistymä. Etelä-Suomessa soiden kehitys on johtanut kohoeli keidassoiden syntyyn. Ne ovat niukkaravinteisia, koska suon keskiosat ovat reunoja korkeammalla ja saavat siksi ravinteita vain sadeveden mukana. Kohosuon reunoilla kasvillisuus on kuitenkin rehevää, koska reuna-alueille valuu ravinteita myös ympäröiviltä alueilta.

Pohjois-Suomessa lumet sulavat nopeasti keväällä, ja siksi suotkin tulvivat voimakkaasti. Siellä suot kehittyvät keskiosiltaan alaviksi aapasoiksi. Ympäristöstä valuvat tulvavedet saavat kasvillisuuden kehittymään rikkaammaksi kuin kohosoilla. Tunturi-Lapin alueella kehittyy palsasoita, joissa syvällä turpeessa oleva ikirouta muokkaa erikoisia pinnanmuotoja. Keidas-, aapa- ja palsasoita kutsutaan suoyhdistymätyypeiksi.

Turvemaiden käyttö Suomessa 2009



Lähde: GTK

Soita raivataan metsiksi ja turpeennostoalueiksi

Luonnontilaisia soita on Suomessa enää noin kolmannes alkuperäisestä pinta-alasta. Monet maamme rehevimmät suot, erityisesti letot, on kuivattu pelloiksi. Yleensä soiden kuivatuksen tarkoituksena on kuitenkin ollut muuttaa suon kitukasvuinen puusto tuottavaksi metsäksi tai nostaa turvetta energiantuotantoa varten. Metsiksi on kuivattu erityisesti korpia ja rämeitä.

Kun suo ojitetaan, se alkaa kuivua, ja ekosysteemin toiminta muuttuu. Aineiden kierto muuttuu, sillä turpeen pintaosat kuivuvat ja niissä alkaa aerobinen turpeen hajoaminen. Ravinteita alkaa samalla vapautua kasveille käyttökelpoiseen muotoon, ja näin myös puiden kasvu vauhdittuu. Metsälajit menestyvät kilpailussa paremmin ja syrjäyttävät suolajit. Suoekosysteemin katsotaan muuttuneen metsäekosysteemiksi, kun kasvillisuuden pohjakerroksessa on alle neljännes rahkasammalia. Suomessa soiden määrä on pudonnut alkuperäisestä kymmenestä miljoonasta hehtaarista noin yhteen kolmasosaan, ja monet soille tyypilliset kasvit ja eläimet ovat harvinaistuneet tai jopa vaarassa hävitä kokonaan Suomesta.

Suomessa energiasta noin 7 prosenttia tuotetaan turpeen poltolla. Jotta turpeen nostaminen on kannattavaa, suon koon on oltava 50 hehtaaria ja turvekerroksen paksuuden vähintään kaksi metriä. Suo ojitetaan, ja sen annetaan kuivua usean vuoden ajan. Sitten turve leikataan tai rouhitaan irti. Turpeennoston jälkeen suo voidaan metsittää. Turvekerroksen uudistumiseen kuluu tuhansia vuosia, koska turvetta muodostuu noin millimetrin paksuinen kerros vuodessa. Koska turpeen muodostuminen on erittäin hidasta, turvetta voidaan pitää uusiutumattomana polttoaineena. Turpeen poltossa ilmaan vapautuu runsaasti hajoamattomaan kasvimassaan sitoutunutta hiilidioksidia, mikä kiihdyttää ilmaston lämpenemistä. Turpeennostosta vapautuu myös rikkidioksidia. Monet suhtautuvatkin hyvin kriittisesti siihen, että soita käytetään energiantuotantoon. Turvetuotanto on päätetty tulevaisuudessa keskittää jo ojitetuille tai luonnontilaltaan muuten merkittävästi muuttuneille soille ja turvemaille.

Kosteikot tasaavat pintavesien virtausta

Tulvaniityt, erilaiset suot, järvien lahdet ja jokien suistot ovat maa- ja vesiekosysteemien välimuotoja. Niitä kutsutaan kosteikoiksi. Suot ja muut kosteikot ehkäisevät tulvien muodostumista keväisin. Niihin kerääntyy sadevettä ja lumien sulamisvesiä. Rantakosteikot ovat poikkeuksellisen tuottoisia ekosysteemejä, mikä näkyy kasvillisuuden ja eläimistön runsautena ja lajirikkautena. Kosteikkoja kehittyy järvien loiville, suojaisille rannoille sekä soistuviin merenlahtiin, jotka maankohoamisen vuoksi hiljalleen kuroutuvat irti merestä. Myös monet lähteiköt ja Pohjois-Suomen jokien tulvaniityt ovat arvokkaita kosteikkoja. Maamme tärkein lintukosteikko on Oulun eteläpuolella sijaitseva Liminganlahti. Muita arvokkaita suomalaisia kosteikkoja ovat muun muassa Kokemäenjoen suisto, vedenpinnan laskun sivutuotteena syntynyt Parikkalan Siikalahti ja keskellä Helsinkiä sijaitseva Vanhankaupunginlahti.

Suomen sisävedet ovat luontaisesti niukkaravinteisia

Suomen järvet ovat yleensä karuja, matalia ja luontaisesti happamia. Niiden keskimääräinen syvyys on noin 7 metriä ja vesimäärä on pieni. Etelä- ja Pohjois-Suomen järvet poikkeavat toisistaan ilmasto-olojen takia, sillä lyhyt kasvukausi rajoittaa esimerkiksi levien kasvua Lapin järvissä.

Järviä voidaan luokitella monin tavoin. Luokittelu voi perustua vesi- ja rantakasvillisuuteen, pohjaeläimistöön, lajiryhmien suhteisiin tai vesistön ravinteisuuteen ja veden kemiaan. Ravinteisuuden mukaan järvet voidaan jakaa reheviin eli runsasravinteisiin ja karuihin eli niukkaravinteisiin vesiin. Niukkaravinteiset järvet voivat olla ruskea- tai kirkasvetisiä.

Liminganlahdella levähtää muuttoaikana parhaimmillaan 20 000 lintua päivässä. Sen laajat rantaniityt ovat myös edustava esimerkki maankohoamisen aiheuttamasta sukkessiosta. Itämeren alueen paras lintukosteikko on Matsalu Viron rannikolla.

A Runsasravinteinen eli eutrofinen järvi

- runsaasti ravinteita, erityisesti typpeä ja fosforia
- yleisiä savikkoalueilla, kalkkipitoisilla alueilla
- järvien ravinteisuutta lisää hajakuormitus
- vesi sameaa (näkösyvyys 0,1–2 m), pH 7–8
- perustuotanto suuri, vesikasvillisuus runsasta, etenkin kelluslehtisten ja ilmaversoisten kasvien kasvustot tiheitä, irtokellujia runsaasti
- tyypillisiä kasvilajeja lumme, ulpukka, järviruoko, järvikaisla, osmankäämit, limaskat, vesirutto
- runsaasti syanobakteereita ja viherleviä
- runsaasti kaloja ja lintuja, tyypillisiä lajeja särki, lahna, kuha, silkkiuikku, heinä- eli sinisorsa, nokikana, lapasorsa, tukkasotka ja lokit

B Niukkaravinteinen ruskeavetinen järvi

- vähän ravinteita
- yleisiä runsassoisilla alueilla, suurin osa Suomen järvistä
- vesi humusaineiden ruskeaksi samentama (näkösyvyys 0,5–4 m), pH 5–6
- perustuotanto niukka, tuottava kerros ohut, koska valo ei humuksen takia pääse syvälle
- vesikasvillisuus harvaa, ilmaversoisia kasveja vähän, tyypillisiä lajeja sarat, järvikorte, ulpukka ja rahkasammalet
- planktoneliöitä vähän
- tyypillisiä kaloja ahven, hauki, kuha, muikku ja särki
- tyypillisiä lintuja telkkä, heinäsorsa ja tavi

C Niukkaravinteinen kirkasvetinen järvi

- ravinteita vähän
- yleisiä harju- ja tunturialueilla
- vesi kirkasta, vihertävää tai sinertävää (näkösyvyys 2,5–10 m), pH 6–7
- niukasti planktonleviä, mutta niitä esiintyy syvälläkin
- perustuotanto niukka, vesikasvillisuutta vähän, tyypillisiä lajeja nuottaruoho ja lahnanruoho
- tyypillisiä kaloja ahven sekä lohikalat, kuten siika ja muikku
- tyypillisiä lintuja kuikka, telkkä, tukkakoskelo ja isokoskelo

Joissa ja puroissa veden virtaus vaikuttaa eliöihin

Suomen virtaavat vedet saavat yleensä alkunsa suoalueilta ja lähteistä. Eniten jokia on Pohjanmaalla, eteläarannikolla ja Lapissa. Järvi-Suomessa joet ovat yleensä lyhyitä ja yhdistävät järviä toisiinsa. Joet ja purot poikkeavat elinympäristönä monessa suhteessa järvistä. Veden virtausnopeus ja sen vaihtelut ovat tärkeä osa virtaavien vesien elinympäristöä. Virtaavissa vesissä perustuotanto on yleensä vähäistä.

Virtaava vesi kuluttaa, kuljettaa ja kasaa erilaisia aineksia ja kuljettaa mukanaan ravinteita. Virtaus sekoittaa tehokkaasti ilman happea veteen, joten virtaavissa vesissä ei yleensä synny rehevöitymisestä johtuvaa happikatoa. Virtauksen takia veden ravinnepitoisuus vaihtelee jatkuvasti.

Virtaavien vesien eliöt ovat sopeutuneet jatkuvaan veden virtaukseen. Virtaavissa vesissä on yleensä samoja kalalajeja kuin järvissäkin. Puhtaiden, voimakkaasti virtaavien jokien lajistoa ovat lohikalat, kuten purotaimen ja harjus.

Koskikaran voi nähdä talvipakkasella pulahtelemassa jokien sulapaikoissa, puroissa ja koskissa. Se etsii pohjasta ravinnokseen vesihyönteisiä, kotiloita ja äyriäisiä.

Ihmisen toiminta muuttaa vesiekosysteemejä

Ihminen on vaikuttanut voimakkaasti vesistöjen tilaan esimerkiksi rakentamalla patoja ja suojavalleja, perkaamalla jokia ja säätelemällä virtausta. Vesirakentaminen on vaikuttanut tavalla tai toisella lähes kaikkien Suomen keskeisten jokien ja järvien vedenkorkeuksiin, virtaamiin tai pohjanmuotoihin. Suurten jokien voimalaitosrakentaminen muuttaa joen ekosysteemin täysin. Voimalaitosrakentamiseen kuuluu myös veden pinnan säännöstely ja tekoaltaiden rakentaminen. Virtaavien vesien rakentamisesta ja veden pinnan säännöstelystä kärsii eniten koskien eliöstö. Perkausten ja pengerrysten seurauksena jokien eliöyhteisöille tärkeät tulva-alueet pienentyvät. Luonnontilaisissa joissa kosket ja suvantoalueet vuorottelevat. Voimalaitosrakentamisen seurauksena joesta tulee voimalaitosten ja patoaltaiden ketju ja vaelluskalojen luontaiset reitit katkeavat.

Suomen avainbiotoopeissa elää vaateliaita lajeja

Suomen maaperä on yleensä hapanta, mikä vaikeuttaa kasvien ravinteidenottoa. Happamassa maaperässä ravinteet eivät ole veteen liuenneina, vaan tiukasti sitoutuneina maahiukkasiin. Maamme arvokkaat elinympäristöt eli avainbiotoopit erottuvat useimmiten ympäristöstään kasvualustansa kalkkipitoisuudelta tai muuten emäksisiltä kivilajeiltaan. Näillä alueilla kasvien käytettävissä on enemmän ravinteita, joten niillä viihtyvät useat vaateliaat kasvilajit. Lajistoltaan rikkaita ja muusta Suomen luonnosta poikkeavia avainbiotooppeja ovat lehdot, lähteiden ja purojen ympäristöt, letot ja merenrantaniityt.

Monet avainbiotoopit ovat hävinneet, koska ne on ravinteikkaan maaperänsä vuoksi raivattu viljelmiksi tai niistä on hakattu metsiä pois asutuksen tieltä.

Merikosken voimalaitos sijaitsee Oulujoessa. Merikosken voimalaitoksen yhteyteen on rakennettu kalatie, jota pitkin vaelluskalat pääsevät nousemaan merestä jokeen kutemaan.

Tikankontti on rauhoitettu laji, joka tarvitsee kasvaakseen kalkkipitoisen maaperän. Lajia uhkaavat erityisesti kasvupaikkojen umpeenkasvu, maanmuokkaus ja avohakkuut.

TEHTÄVÄT

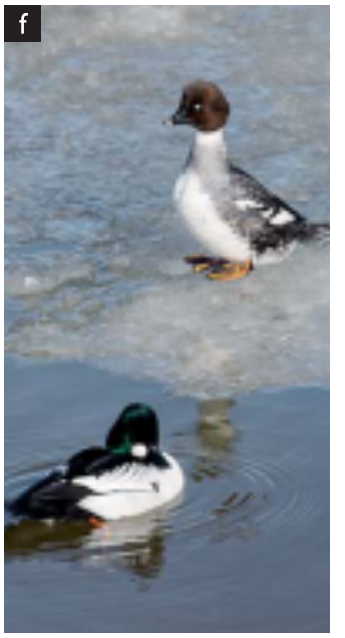
1. Suomen ekosysteemeihin liittyviä käsitteitä

Selitä, mitä seuraavat käsitteet tarkoittavat.

a. metsätyyppi
b. suotyyppi
c. avainbiotooppi
d. kasvukausi
e. turve
f. podsoli

2. Tunnista lajit

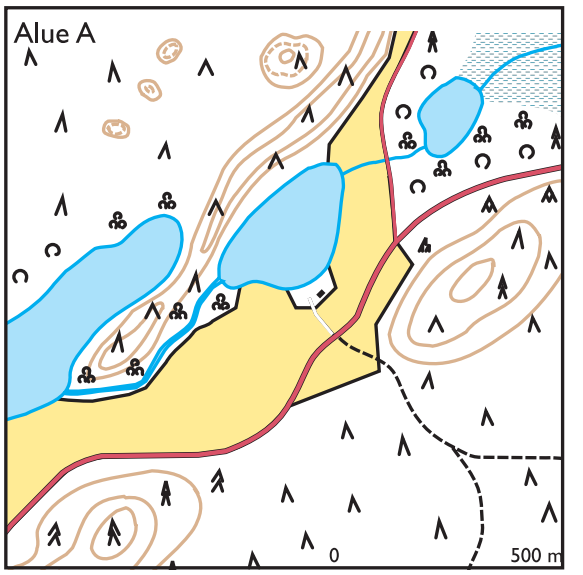
a. Nimeä oheisissa kuvissa esiintyvät lajit a–f.
b. Etsi tietoa, millä tavoin ne ovat sopeutuneet elinympäristöönsä.

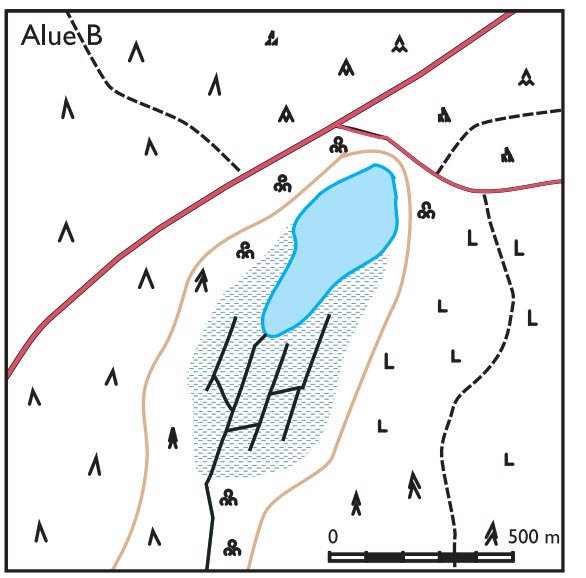


3. Metsien vertailu

Tutki kahdelta kuvitteelliselta Kaakkois-Suomen metsäalueelta piirrettyjä karttoja.

a. Vertaile toisiinsa alueiden abioottisia tekijöitä, kuten korkokuvaa ja vesistöjen määrää.
b. Kummalla alueella on enemmän ekologisia lokeroita? Perustele vastauksesi.
c. Kummassa metsässä arvioit olevan enemmän lajeja? Miksi?





pelto
mäntymetsä, kuusimetsä, lehtimetsä
pensaikko tai taimikko
L hakattu metsä
suo
tie
polku
järvi, joki
oja
korkeuskäyrä

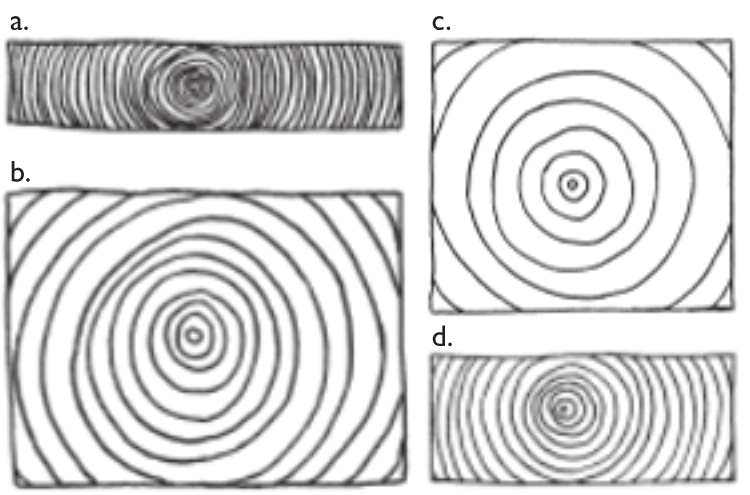
4. Myrsky kansallispuistossa

Voimakas syysmyrsky kaataa paljon vanhoja kuusia eräässä suomalaisessa kansallispuistossa. Puiston hoidosta vastaavat viranomaiset jättäisivät puut lahoamaan, mutta paikalliset ihmiset haluaisivat, että puut raivataan pois ja niiden tilalle istutetaan puun taimia. Kumpaa mielipidettä kannatat? Perustele vastauksesi.

5. Puiden kasvu eri metsä- ja suotyypeissä

Oheiset mäntyjen vuosirenkaiden kuvat ovat seuraavista metsä- ja suotyypeistä: kuiva kangasmetsä, räme, lehto, tuore kangas.

a. Yhdistä puiden poikkileikkaukset oikeaan metsä- tai suotyyppiin.
b. Pohdi, mitkä ympäristötekijät vaikuttavat puiden kasvuun.



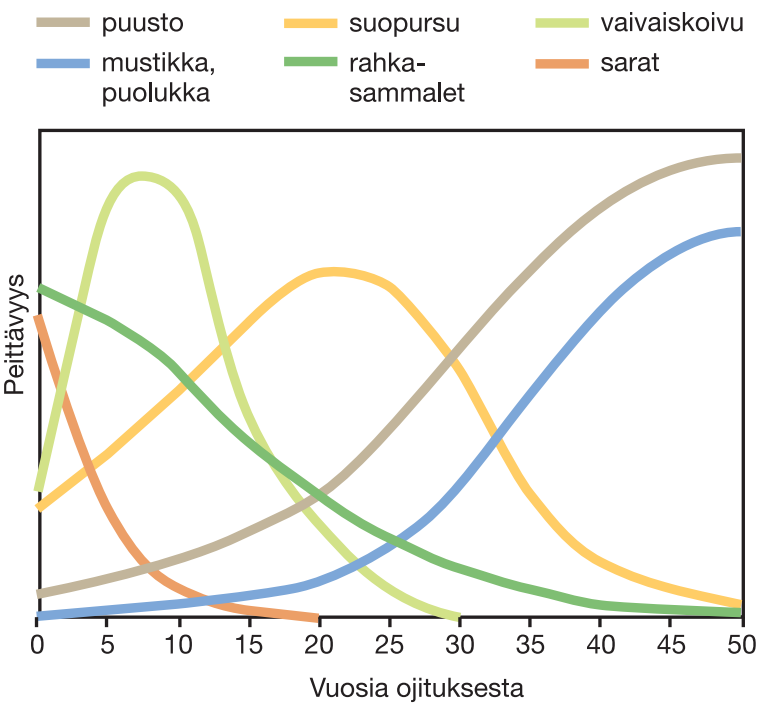
6. Suo elinympäristönä

a. Luettele suoekosysteemin tyypillisiä abioottisia ympäristötekijöitä.
b. Selitä, miten turvetta muodostuu ja mikä merkitys sillä on suon kasveille.
c. Tunnista kuvien kasvit.
d. Miten kuvien kasvit ovat sopeutuneet elinympäristöönsä?

7. Suoekosysteemi

yo s-09

a. Suomen pinta-alasta lähes kolmannes on soita. Runsas ojitus on kuivattanut niistä yli puolet. Esitä syitä maamme suureen suomäärään sekä soiden ojittamiseen. (2p)
b. Tutki oheista kuvaa. Totea ja perustele muutokset, joita on tapahtunut ojitetun sararämeen kasvipeitteen rakenteessa 50 vuoden aikana. (3p)
c. Millaisia vaikutuksia ojituksella on ilmakehän kaasukoostumukseen? (1p)



8. Eliöiden sopeutuminen Suomen luontoon

tt

Ota valokuva jostain eliöstä kotipaikkasi läheltä. Vuodenajan mukaan kuvassa voi olla myös eläimen jälki tai talvehtiva kasvin osa. Nimeä eliösi ja etsi eri lähteistä tietoa siitä, miten se on sopeutunut Suomen luontoon. Tee raportti, jossa on eliön kuva ja löytämäsi tiedot eliön sopeutumisesta Suomen luontoon.

9. Turvetuotannon vaikutus ekosysteemiin

Kuvassa on suo, josta nostetaan turvetta.

a. Mihin tarkoituksiin turvetta käytetään?
b. Miten turvetuotanto on muuttanut alueen ekosysteemiä?
c. Mitä mahdollisuuksia alueen käytölle on tulevaisuudessa, kun turpeennosto lopetetaan?
d. Miksi turvetuotantoa vastustetaan?

Yhteenveto

- pohjoinen sijainti, lumi ja routa
- erot kasvukauden pituudessa
- jääkausi
- vanha kallioperä
- vähäravinteinen, hapan maannos
- veden haihtuminen vähäistä

Suomen ekosysteemit

Metsät
- tammivyöhyke
- havumetsävyöhyke
- tunturikoivikko
- metsäraja

Suot ja muut kosteikot
- suotyypit (korpi, räme, neva, letto, luhta)
- suoyhdistymätyypit (koho-, aapa- ja palsasuot)

Vesiekosysteemit
- järvet
- virtaavat vedet
- Itämeri

Avainbiotoopit
- lehdot
- lähteiden ja purojen ympäristöt
- merenrantaniityt
- letot

Avainsanat

avainbiotooppi
kangasmetsä
kasvukausi
kosteikko
lehto
maannos
metsätyyppi
suotyyppi
suoyhdistymätyyppi
talousmetsä
turve

3.

Kaupunkiekologia tarkastelee kaupunkiluonnon erityispiirteitä

Jo yli puolet maailman ihmisistä asuu kaupungeissa. Suomessakin kaupunki tai kaupunkimainen taajama on elinympäristönä kahdella kolmesta kansalaisesta. Luonto kaupunkien puistoissa, virkistysalueilla ja villeillä takapihoilla voi olla kaunista, virkistävää ja myös yllättävän monimuotoista. Sen ylläpito vaatii ihmisen toimia ja arvovalintoja, mutta myös suojelua ja tutkimusta.

Kaupunki on saareke alkuperäisen luonnon keskellä

Ilmasta katsottuna kaupungit ja taajamat erottuvat ympäristöstään erilaisina saarina tai saaristoina. Abioottisilta ympäristötekijöiltään suuri kaupunki poikkeaakin ympäristöstään selvästi. Maaperä on usein tiivistä ja kovaa, ja sitä peittävät monin paikoin asfaltti, betoni ja erilaiset rakennukset. Lämpötila on keskimäärin 1–3 astetta korkeampi kuin kaupungin ulkopuolella, minkä huomaa etenkin talvisin. Tummat asfalttipinnat ja matalalla ilmassa leijuvat kiinteät noki- ja pölyhiukkaset sitovat lämpöä. Myös ilmanvaihtokanavista, kaukolämpöputkista, viemäreistä ja muista eri lähteistä karkaa hukkalämpöä eliöiden saataville. Siksi pohjoisissa kaupungeissa tavataan eteläisiä lajeja, jotka eivät selviydy ympäröivällä maaseudulla. Lisäksi kaupunkialueet ovat valaistuja myös öisin, joten valojaksot poikkeavat luonnollisista.

Sadetta kaupungeissa saadaan jopa 15 prosenttia enemmän kuin ympäröivällä maaseudulla, koska ilmassa on paljon muun muassa liikenteestä ja savupiipuista peräisin olevia hiukkasia tiivistymiskeskuksina. Sadevedet kulkeutuvat viemäriverkostojen kautta pääosin pois, eivätkä muodosta pohjavettä kaupunkien alueelle. Talvisin lunta on vähemmän, ja eliöiden kasvulle ja lisääntymiselle suotuisa aika on pidempi kuin ympäröivällä maaseudulla.

Erilaisia häiriöitä, kuten kulutusta, kaivamista, maansiirtoja ja melua, on runsaasti. Etenkin liikenteen päästöistä kaupunkien ilmaan joutuu paljon happamoittavia ja myrkyllisiä aineita. Monin paikoin vesiin ja maahan päätyy rehevöittäviä aineita. Kaupungin alueella olosuhteet vaihtelevat hyvin paljon, minkä vuoksi erilaisia elinympäristöjä on runsaasti tarjolla.

Kaupunki on ihmisen ylläpitämä ekosysteemi

Kaupunki on elinympäristönä uusi, sillä esimerkiksi Suomessa kaupunkeja on ollut vain joitain satoja vuosia. Suomen kaupungit ovat pieniä, mutta maailmassa on jo yli 600 miljoonakaupunkia. Kasvien ja eläinten evoluutio on tapahtunut hyvin toisenlaisessa ympäristössä. Siksi kaupunkiekologeja kiinnostaa, miten lajit pystyvät sopeutumaan kaupunkiympäristöön.

Tšernobylin ydinvoimala tuhoutui vuonna 1986. Voimalan ympärillä on 30 kilometrin suojavyöhyke. Normaali ihmistoiminta alueella on ollut pysähdyksissä, ja luonto on vallannut kaupungin.

Luonnon ekologiset lainalaisuudet ovat kuitenkin samoja niin kaupungissa kuin luonnonvaraisessa ympäristössäkin. Kulutuksen ja maanpinnan muokkaamisen vaikutuksesta kasvillisuus muistuttaa puistoissa, ja etenkin katujen reunamilla ja täyttömailla, metsän sukkession alkuvaiheita. Kasvilajistossa on paljon pioneerivaiheen lajeja, jotka pystyvät lisääntymään nopeasti ja tehokkaasti. Toisaalta ne ovat yleensä heikkoja kilpailijoita, kun sukkessio etenee kohti kliimaksivaihetta.

Monet lajit pystyvät käyttämään kulloinkin saatavilla olevia vaihtelevia resursseja hyväkseen. Kaupunkieläimistä tällaisia hyviä sopeutujia ovat muun muassa rotta ja varis, kasveista taas voikukka. Näiden lajien ekolokerot ovat erityisen joustavia.

Kaupunkiekosysteemin toiminta on erilaista verrattuna luonnontilaiseen ekosysteemiin: Tuottajia eli kasvillisuutta on biomassalla mitattuna vähän. Kuluttajaportaan eläimet käyttävät ravintolähteinään kasvillisuuden lisäksi ruokintapaikkoja ja monenlaisia ihmisen tuottamia jätteitä. Pedoille on tarjolla helppoa saalistettavaa. Hajottajia on vähän, sillä kuollutta eloperäistä ainesta ei kerry runsaasti kaupunkeihin. Tämä johtuu siitä, että nurmikot ja puiden lehdet haravoidaan, kadut siivotaan ja jätteet kuljetetaan muualle. Ravinteiden kierto kaupungeissa on siis melko avoin, sillä ihminen tuo ravinteita kaupungin ulkopuolelta ja vie niitä jätteinä pois. Kaupungin ja maaseudun välillä onkin käynnissä jatkuva materiaali-, ruoka- ja jätekuljetusten virta.

Kaupunkiekosysteemi ei voi säilyä ilman ihmisen toimintaa. Hylätyssä kaupungissa käynnistyy nopeasti sukkessiokehitys, joka johtaa todennäköisesti alueelle tyypilliseen luonnonvaraiseen kliimaksilajistoon. Näin on käymässä muun muassa 1980-luvun lopulla hylätyssä Tšernobylin kaupungissa Ukrainassa.

Kaupunkien kasvillisuus on määrällisesti niukkaa, mutta lajistoltaan monimuotoista

Kaupunkien kasvillisuus on niukinta keskustoissa ja runsainta väljemmin rakennetuilla reuna-alueilla. Alkuperäisen luonnon elinympäristöt, kuten kalliot, suot ja rannat, häviävät, kun ihminen ottaa ne käyttöönsä. Metsäkasvillisuus ja viheralueet pirstoutuvat lukuisiksi laikuiksi, jotka ovat sitä pienempiä, mitä tehokkaampaa rakentaminen on.

pihasaunio

rentohaarikko

piharatamo

pihatatar

punasolmukki

pihatähtimö

Pihasaunio, piharatamo, rentohaarikko, pihatatar, punasolmukki ja pihatähtimö eli vesiheinä ovat yksivuotisia lajeja ja menestyvät hyvin kaupungissa. Ne kestävät hyvin tallausta ja sietävät myös kuivuutta. Niiden siemenet valmistuvat nopeasti ja leviävät tehokkaasti. Esimerkiksi piharatamo on kulkeutunut liimautuvien siementensä ansiosta siirtolaisten mukana Pohjois-Amerikkaan. Siellä se tuli intiaanien keskuudessa tunnetuksi nimellä ”valkoisen miehen jalanjälki”.

Keskusta-alueiden luontoa ovat lähinnä erilaiset puistot, nurmikot ja koristeistutukset, joiden kasvilajisto saattaa koostua lähes kokonaan erilaisista vieras- ja tulokaslajeista. Suurin osa lajeista on kulkeutunut kaupunkeihin ihmisen istuttamina tai tahattomasti tuomina. Kasvilajeja on kaupungeissa yleensä varsin runsaasti, koska ihminen on luonut monia uusia ekolokeroita sekä kylvänyt ja istuttanut uusia lajeja.

Joukossa on myös varsinaisia kaupunkilajeja, kuten rentohaarikko ja pihatatar. Ne ovat sopeutuneet kaupunkeihin niin hyvin, että kaupungeista on tullut niiden luonteenomainen elinympäristö. Kasvien lajimäärät voivat olla etenkin kaupunkien joutomailla Suomen oloissa hämmästyttävän suuria. Monet kasvit löytävät sijansa asfaltin raoista ja sietävät sekä tallausta että kuivuutta. Niiden alkuperäisiä kasvupaikkoja voi löytää merenrantakallioilta, missä vedestä on puutetta, mutta lintujen ulosteiden mukana tulleita ravinteita on kylliksi.

Jättipalsami on kaupunkialueiden haitallinen, muita kasveja tukahduttava vieraslaji. Se on kotoisin Himalajan vuoristosta ja tuotu Eurooppaan koriste- ja hunajakasviksi. Laji tuottaa paljon siemeniä, joita se ampuu erikoisen kotahedelmänsä avulla metrien päähän – ja levittäytyy tehokkaasti.

Erilaisissa sukkessiovaiheissa olevan ja laikuittain vaihtelevan elinympäristön vuoksi kasvillisuus onkin lajistoltaan varsin monimuotoista. Lisäksi niin sanotun reunavaikutuksen ansiosta lajisto on runsasta ihmisen voimakkaasti muokkaaman kasvillisuuden ja kaupunkimetsän reunoilla. Monimuotoisuuden turvaamiseksi kaupunkien viheralueiden hoidossa voidaan soveltaa yhä enemmän hallitun hoitamattomuuden -periaatetta, eli joidenkin alueiden annetaan tarkoituksellisesti rehottaa. Esimerkiksi jotkin nurmikot leikataan vasta kasvien kukinnan jälkeen ja joidenkin nurmikoiden reunuksia jätetään kokonaan leikkaamatta. Kaikkia pensaikkoja ei harvenneta tehokkaasti. Huolellisesti hoidettujen viheralueiden lajisto on usein niukkaa.

Harmio on Venäjän vallan ajalta (1800-luvulta) peräisin oleva, armeijan rehukuljetusten mukana kulkeutunut tavallinen vieraslaji Etelä-Suomen taajamissa.

Helsingin alkuperäisten ja vakiintuneiden sekä satunnaisten tulokaskasvien lajimääriä 1990-luvulla

Lajiryhmä	lajimäärä	osuus (%)
Koko lajimäärä	**1 072**	**100**
Alkuperäisiä	435	40
Muinaistulokkaita	127	12
Vakiintuneita uustulokkaita	116	11
Vakiintuneita viljelykarkulaisia	118	11
Vakinaisia lajeja yhteensä	**796**	**74**
Satunnaisia uustulokkaita	103	10
Satunnaisia viljelykarkulaisia	173	16
Satunnaisia lajeja yhteensä	**276**	**26**

Lähde: Luonnon Tutkija 5 (1999): 175.

Kaupunkien kasvilajistoa rikastuttavia tulokaslajeja saapuu useita reittejä pitkin. Osa ilmaantuu kasvupaikoilleen ulkomailta tuotujen siemenlastien mukana. Osa lajeista on historiallista perua ja tullut sotajoukkojen mukana Suomeen. Rannikkokaupungeissa on yhä kasvilajeja, jotka ovat saapuneet purjelaivojen aikakaudella laivoissa käytetyn painolastimaan mukana. Muinaistulokkailla tarkoitetaan lajeja, jotka ovat tulleet alueelle jo satoja vuosia sitten ihmisen tahallisella tai tahattomalla myötävaikutuksella, lähinnä maatalouden mukana.

Kaupunkien puistojen reunukset ja tienpientareet ovat esimerkkejä hallitusta hoitamattomuudesta. Lisäksi kaatuneita ja lahoja puita ei aina poisteta lähimetsistä, elleivät ne ole vaarallisia. Näin ylläpidetään ekolokeroiden runsautta ja kaupunkiluonnon lajistollista monimuotoisuutta.

Pihasyreeni ja puistolehmus ovat taajamien tavallisimpia istutettuja puuvartisia kasvilajeja. Puistojen isot puut voivat olla varsin vanhoja, ja ne edustavat ekologisessa mielessä kasvillisuuden kliimaksivaihetta. Niistä voi löytyä myös komeita kääpiä, kuten kuvan rikkikääpä.

Koirien ulkoilutusreittien varsilla erottuvat puunrungot, jotka ovat suosituimpia koirien ”keskustelupalstoja”. Koirien virtsan typpiyhdisteet mahdollistavat runsaan leväkasvuston. Rungot saattavat olla ylempää lähes jäkälättömiä, sillä kaupunki-ilmaan pääsevät happamoittavat rikkiyhdisteet voivat aiheuttaa jäkäläaution kaupunkien keskustoissa.

Monet eläimet ovat kaupunkien menestyjiä

Useat nisäkkäät ovat omaksuneet rakennetun ja ihmisen voimakkaastikin muokkaaman ympäristön elinympäristökseen. Menestyneitä kaupunkilajeja Suomessa ovat jo melko kauan olleet rusakko, orava ja siili. Sittemmin joukkoon ovat vähitellen liittyneet kettu, supikoira ja mäyrä sekä uusimpana kaniini. Lisäksi isorotta ja kotihiiri ovat eläneet jo pitkään ihmisen läheisinä pöytävieraina. Yhteistä näille lajeille on ekologinen laaja-alaisuus, kuten monipuolisuus ravinnon käytössä ja joustavuus elinympäristön valinnassa. Lepakot puolestaan ovat löytäneet katulamppujen ja muiden keinovalojen ympärillä runsaina parveilevat hyönteiset ja saalistavat niitä ravinnokseen. Talvehtimispaikkoja lepakoille löytyy talojen ullakoilta ja puistojen vanhoista ontoista puista.

Suomen lintulajeista muutamat ovat sopeutuneet erityisen hyvin rakennettuun ympäristöön. Tällaisia lajeja ovat esimerkiksi kesykyyhky eli pulu, varpunen, tervapääsky ja naakka. Jotkin lajit, esimerkiksi varis ja harakka, pesivät myös muualla, mutta niiden populaatioiden tiheydet ovat suurimmillaan juuri kaupungeissa. Osa kaupunkien tavallisista lajeista pesii metsissä, viljelymailla ja rannoilla, mutta vierailee toistuvasti kaupungeissa ruuan haussa. Näitä ovat esimerkiksi kanahaukka, keltasirkku ja naurulokki. Lintuja houkuttelevat kaupunkeihin erityisesti kilpailun vähäisyys ja etenkin talvisin helposti saatavilla oleva ravinto sekä tarjolla oleva hukkalämpö.

Monet nisäkkäät ovat yöaktiivisia, joten niitä ei juuri näe päivällä. Monet niistä löytävät tyhjiltä tonteilta ja kaupunkien laitamilta hyviä ruokailu- ja pesäpaikkoja.

Jotkin linnut ovat hyviä esimerkkejä oivallisesta sopeutumiskyvystä uuteen ympäristöön. Kuvan huuhkajanpoikasten pesä sijaitsi kerrostalon katolla Helsingin ydinkeskustassa vuonna 2011. Helsingin alueella on vuosittain useita huuhkajan reviirejä. Ravinnokseen huuhkajat saalistavat rottia, rusakoita, kaneja, lokkeja ja puluja.

Lajien sopeutumista auttaa se, että monet lajit mieltävät rakennusten muistuttavan niiden alkuperäisiä elinympäristöjä: Puluille talojen kiviseinät ja katot ovat vuoristojen kallioisia seinämiä. Talojen peltikatot ja betonipinnat vaikuttavat lokkien mielestä rantojen kiviltä ja kallioilta ja kelpaavat sen vuoksi hyvin niiden pesimäpaikoiksi. Puistojen ja golfkenttien nurmikot taas muistuttavat arktisten alueiden tundraa, joten ne ovat sopivia valkoposkihanhen elinpiireiksi ja ravinnonlähteiksi. Leimauduttuaan kaupunkiympäristöön useimmat siellä syntyneet lintuyksilöt myös palaavat muuttomatkaltaan pesimään sinne. Kaupunkien suotuisa pienilmasto saa mustarastaan aloittamaan kevätlaulunsa jo tammikuussa, jopa pari kuukautta aikaisemmin kuin ympäröivällä maaseudulla.

Joutomailla, pihoilla sekä etenkin puutarhoissa ja palstaviljelmillä voi kukoistaa rikas kasvilajisto. Monien perhosten toukille löytyy näiltä alueilta sopivia ravintokasveja, joten myös perhoslajisto on monipuolinen ja runsas. Kuvassa nokkosperhonen.

Jotkin peto- ja varislinnut ovat erikoistuneet vilkkaasti liikennöityjen katujen ja moottoriteiden varsien haaskansyöjiksi, sillä liikenteessä kuolee jatkuvasti pieniä nisäkkäitä, lintuja sekä erilaisia hyönteisiä. Torit ja huonosti hoidetut jäteastiat houkuttelevat etenkin nauru- ja harmaalokkeja, variksia sekä harakoita, jotka voivat oppia röyhkeiksi ruokavarkaiksi.

Kaupunkien viheralueet ovat tiheään rakennettujen alueiden ja liikenneväylien vuoksi useimmiten toisistaan erillään sijaitsevia laikkuja. Tästä syystä monien lajien kaupunkipopulaatiot ovat hajonneet pieniksi osapopulaatioiksi. Esimerkiksi siilin, sammakoiden ja matelijoiden on lähes mahdotonta siirtyä alueelta toiselle, ellei alueita yhdistä jokin lajin kannalta suotuisa, yhtenäisen kasvillisuuden muodostama ekologinen käytävä. Sellainen voi olla puronvarsi tai puiston reunuksen hoitamattomana säästetty kaistale. Kaupunkeihin voidaan myös tietoisesti suunnitella ja tehdä viheralueita, jotka yhdistävät kaupungin viherlaikut ympäröiviin metsiin tai maaseutuun.

Kaupunkiekologian tutkimustuloksia sovelletaan kaupunkisuunnittelussa

Kaupunkien luontoa tutkitaan, koska halutaan selvittää, millainen on eliöiden ja ympäristön suhde ihmisen voimakkaasti muokkaamassa ympäristössä. Tätä tietoa voidaan soveltaa kasvillisuuden ja eläimistön huomioivassa kaupunkisuunnittelussa sekä rakennetussa ympäristössä tapahtuvien ympäristövaikutusten arvioinnissa. Samalla selvitetään, miten puistoja ja lähimetsiä pitäisi hoitaa, jotta eliöstö ja sen monimuotoisuus voitaisiin parhaiten säilyttää. Lisäksi on tärkeää tietää, miten viheralueet pitäisi rajata tai sijoittaa, jotta lajien erillään olevien osapopulaatioiden välillä voisi tapahtua yksilöiden liikkumista ja geeniperimän vaihtoa.

Ekologisista teorioista voidaan kaupunkiekologiassa soveltaa muun muassa saariteoriaa, jonka mukaan lajimäärä on sitä suurempi, mitä suurempi metsäinen laikku tai muu elinympäristö kaupungissa on. Metapopulaatioteoria taas auttaa ymmärtämään, kuinka tiheässä sopivien ympäristölaikkujen pitää sijaita, jotta niistä riippuvainen laji säilyisi.

Kaupunkiekologinen tutkimus tuottaa myös tietoa, jonka avulla kaupunkisuunnittelussa, rakentamisessa ja muissa toiminnoissa voidaan pyrkiä ekologiseen kestävyyteen ja viihtyisään elinympäristöön. Kaupungit ja taajamat ovat merkittävä osa ihmisen elinympäristöä, ja ihminen erilaisine tarpeineen on siksi olennainen osa kaupunkiekosysteemiä. Sen vuoksi tärkeä kaupunkiekologisen tutkimuksen näkökulma on myös ympäristön vaikutus ihmisen terveyteen. Sekä ihmisen että luonnon tarpeiden huomioon ottaminen kaupunkien suunnittelussa on olennainen osa nykyaikaista luonnon- ja ympäristönsuojelua.

Kaupunkiekologisessa tutkimuksessa voidaan seurata, miten hyönteiset liikkuvat viherlaikusta toiseen kaupungin sisällä ja löytävät itselleen sopivia ekologisia käytäviä. Apuna voidaan käyttää jopa pieniä radiolähettimiä. Tässä sellainen on kiinnitetty maakiitäjäisen selkään.

Itä-Helsingissä sijaitseva Vuosaarenhuippu edustaa erilaista ihmisen muokkaamaa luontoa. Se on entisen kaatopaikan ja maa-ainesten sijoituspaikan päälle rakennettu ympäristö. Alueella on monipuolinen kasvi-, perhos- ja lintulajisto, ja se on suosittu lintujentarkkailupaikka ja retkikohde. Vuosaarenhuippu on myös monien kaupunkirakentamisen jalkoihin jäävien kasvilajien reservaatti. Etenkin vieressä sijaitsevan Vuosaaren sataman alle jääneitä kasvillisuuslaikkuja on siirretty huipun suojiin. Alueella elää myös yksi Helsingin harvoista kyypopulaatioista. Vuosaarenhuippu-hanke on palkittu tekona monimuotoisen luonnon puolesta.

Monissa Suomen kaupungeissa on matalia meren tai järven lahtia, joissa viihtyy monipuolinen eläin- ja kasvilajisto. Rantoja reunustavat metsät ovat samalla tärkeitä lajien elinympäristöjä ja kaupunkilaisten virkistysalueita. Ohjaamalla opasteiden ja polkujen avulla luonnossa liikkujien aiheuttamaa kulutusta tietyille reiteille estetään laajempi tallaaminen ja annetaan rauhaa linnuille ja nisäkkäille. Kuvan Vanhankaupunginlahti sijaitsee aivan Helsingin maantieteellisessä keskipisteessä. Lahteen laskeva Vantaanjoki reuna-metsineen on tärkeä ekologinen käytävä, joka yhdistää lahden kosteikkoalueen kauempana oleviin metsä- ja maatalousalueisiin.

VIHERKATOT OSAKSI KAUPUNKILUONTOA

Viherkatot ovat luonnonkasvillisuutta, jota ihminen on siirtänyt rakennusten katoille. Kukkivat kattokedot kaunistavat kaupunkia ja lisäävät kaupunkiluonnon ekologista monimuotoisuutta ja elinympäristön laatua. Kasvien lisäksi katoilla asustaa suuri määrä selkärangattomia pikkueläimiä.

Viherkatoille voidaan sijoittaa myös mehiläispesiä. On huomattu, että hunajasadot ovat kaupungeissa suurempia kuin maaseudulla. Tämä johtuu muun muassa siitä, että sopivia hunajakasveja löytyy kaupunkiympäristöstä koko kesän ajan. Mehiläiset huolehtivat myös puutarhojen puiden ja pensaiden pölytyksestä useiden kilometrien säteellä.

Viherkatot ovat edullinen ja ekologinen tapa vähentää kaupungistumisen ja ilmastonmuutoksen haittoja. Ne vähentävät melua, tasaavat veden valuntaa, viilentävät rakennuksia kesällä ja lämmittävät niitä talvella.

Viherkattojen avulla voidaan säästää paljon energiaa ja hidastaa rakennusten rapautumista. Kattojen lisäksi tutkitaan myös viherseinien rakentamista. Tutkimus on erityisen tarpeellista, kun halutaan löytää Suomen haastaviin ilmasto-oloihin soveltuvia kasveja. Hankkeessa ovat mukana tutkijoiden lisäksi myös katto- ja seinämateriaaleja valmistavat yritykset.

TEHTÄVÄT

1. Kaupunki on erilainen kuin maaseutu

Miten kaupunkiluonto poikkeaa luonnonvaraisesta ympäristöstä? Laadi alla olevan mallin mukainen taulukko.

	kaupunki	maaseutu
abioottiset tekijät		
bioottiset tekijät		

2. Sopeutuminen kaupunkiluontoon

Kaupunkien menestyjiä ovat esimerkiksi a. kesykyyhky eli pulu, b. naakka, c. pohjanlepakko, d. isorotta, e. pihatähtimö eli vesiheinä ja f. voikukka. Hanki tietoa lajeista ja mieti kunkin lajin kannalta yksi tai useampia hypoteeseja, miksi laji on omaksunut kaupungin elinympäristökseen ja yleistynyt siellä.

3. Kaupunkien ekolokerot

Tarkastele oheisia kuvia.

a. Arvioi kuvien kaupunkiympäristöissä olevien ekolokeroiden määrää ja luonnetta.
b. Missä kuvassa kaupunkiympäristö on monimuotoisin?

4. Kaupunkien monenlaiset elinympäristöt

yo s-07

Millaisia elinympäristöjä kaupungit tarjoavat eläimille ja kasveille? Miten olosuhteet vaikuttavat eläin- ja kasvilajistoon? Anna esimerkkejä.

5. Käyttäytyminen muuttuu kaupungissa

Miten kaupunkien lintujen luontainen käyttäytyminen on muuttunut niiden sopeutuessa kaupunkiympäristöön? Millaisia havaintoja olet itse tehnyt? Mikä voi olla muutosten evolutiivinen merkitys?

6. Talitiaisen laulu

tt

Tämä tehtävä soveltuu tehtäväksi helmi-maaliskuussa. Perinteisesti talitiaisen sanotaan laulavan *ti-ti-tyy*. Lintu laulaa kuitenkin yhä useammin lyhyttä, iskevää säettä *ti-tyy*, *tit-tyy*, *tyy-ti* tai *ti-ta*. On esitetty, että maaseudulla laulu on yleensä perinteinen, pitempi versio ja kaupungeissa lyhyt. Suunnittele ja toteuta tutkimus, jonka avulla pyrit selvittämään, onko asia niin. Pohdi myös syitä, jotka voisivat vaikuttaa laulun muuttumiseen.

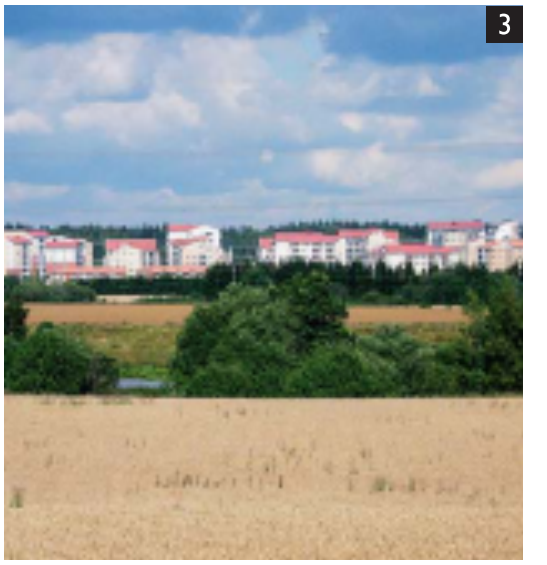
7. Kaupunkien kasvillisuus

tt

Tämä tehtävä voidaan tehdä elo-syyskuussa. Ihmisen aiheuttama kulutus on häiriötekijä, joka muokkaa esimerkiksi kaupunkimetsien kasvillisuutta. Tee kasvillisuuskuvauksia vähän ja paljon kuluneista metsiköistä ja vertaa niitä vastaavaan luonnontilassa olevaan kasvillisuuteen. Mitä vaikutusta muutoksella on a. kasvillisuuden runsauteen, b. kerroksellisuuteen ja c. lajimonimuotoisuuteen?

1

2


3

8. Kaupunkiko ympäristöystävällinen? tt

Kaupungeissa ihmisen erilaiset toiminnot keskittyvät suhteellisen pienelle alueelle ja maankäyttö on hyvin tehokasta. Vertaile ihmisen toimintoja kaupunkien ja haja-asutusalueiden välillä.

a. Miten energian ja erilaisten luonnonvarojen kulutus eroaa kaupunkien ja maaseudun välillä?
b. Millainen on kaupunkilaisten ekologinen jalanjälki haja-asutusalueilla asuviin verrattuna?
c. Miten pyrkiminen ”vihreisiin” tai biologisesti monimuotoisiin kaupunkeihin vaikuttaa jalanjälkeen?

Yhteenveto

KAUPUNKIEKOLOGIA
tutkii kaupunkiluonnon erityispiirteitä

Ympäristötekijät	Kasvillisuus	Eläimet	Tutkimus
• enemmän lämpöä • poikkeavat valojaksot • vähemmän lunta • enemmän sadetta, silti kuivaa, sadevedet viemäreihin • paljon rehevöittäviä ja happamoittavia päästöjä • häiriöitä ja kulutusta • ihminen muokkaa ja valikoi • paljon laikuittaista vaihtelua	• määrällisesti niukkaa • paljon lajeja • tulokas- ja vieraslajeja • kuiviin ympäristöihin sopeutuneita lajeja • paljon pioneerivaiheen lajeja, puistopuut kliimaksin lajeja	• monet ihmisen pöytävieraita • joustava ekolokero • helppoa ravintoa tarjolla • käyttäytymismuutoksia	• uuden tieteenalan perustutkimusta • saariteoria • metapopulaatioteoria • tuloksia sovelletaan kaupunkisuunnittelussa

Avainsanat

ekologinen käytävä
hallittu hoitamattomuus
kaupunkiekosysteemi
kaupunkiekologia
kaupunkisuunnittelu
monimuotoisuus
pioneerivaihe
pöytävieras
reunavaikutus
sopeutuminen
tulokaslaji
vieraslaji
viheralue
ympäristötekijät

II

Häiriöitä aineiden kierrossa

Jakson sisältämät luvut

4. **Aineet kiertävät elottoman ja elollisen luonnon välillä**

5. **Kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä vaikuttaa maapallon ilmastoon**

6. **Liiallinen typpi ja fosfori aiheuttavat rehevöitymistä vesiekosysteemeissä**

7. **Rikin ja typen oksidien lisääntyminen aiheuttaa luonnon happamoitumista**

8. **Ympäristömyrkyt ovat elolliselle luonnolle haitallisia aineita**

9. **Säteily on elämälle välttämätöntä tai haitallista**

Eliöissä on sekä orgaanisia että epäorgaanisia aineita.

Eliöt rakentuvat alkuaineista.

Hiili on elämän kannalta tärkeä alkuaine.

Aineet kiertävät ekosysteemissä, ja energia virtaa ekosysteemin läpi.

Eliöiden yleisimmät alkuaineet ovat hiili, happi, vety ja typpi.

Abioottisten ympäristötekijöiden muuttuessa ekosysteemin toiminta voi häiriintyä.

- **Miksi ulpukka ja järviruoko yleistyvät kesämökkirannoilla?**
- **Miksi kaupunkien puiden rungoilla ei kasva naavaa?**
- **Häviävätkö Suomen lumiset talvet?**
- **Tuleeko Suomeen uusia lajeja?**
- **Voiko silakoita syödä?**
- **Mitä haittaa säteily voi aiheuttaa?**

4.

Aineet kiertävät elottoman ja elollisen luonnon välillä

Ikimetsässä kaatunut puu tarjoaa ruokapöydän monille eliöille. Se sammaloituu, sen kuoren läpi tunkeutuu lahottajasienten rihmastoja, ja suuri selkärangattomien joukko saa siitä elinympäristön sekä ravintoa. Elämän kierrossa hajottajat palauttavat puun sisältämät orgaaniset aineet epäorgaanisiksi ravinteiksi maahan, veteen ja ilmaan, mistä tuottajat voivat käyttää ne uudelleen. Näin puu on kuoltuaankin elämän lähde muille eliöille.

Hiilen ja hapen kierto on elämän perusta

Hiili on hapen ja vedyn ohella elollisen luonnon yleisin alkuaine. Hiiliatomeille on tyypillistä, että ne voivat muodostaa pitkiä ketjuja. Eliöissä olevat orgaaniset hiiliyhdisteet syntyvät, kun muita alkuaineita kiinnittyy hiiliketjuihin. Tärkeimpiä orgaanisia hiiliyhdisteitä ovat hiilihydraatit, lipidit eli rasva-aineet ja proteiinit. Eliöt tarvitsevat näitä orgaanisia hiiliyhdisteitä energialähteiksi ja rakennusaineiksi.

Orgaanisten yhdisteiden lisäksi hiiltä esiintyy maapallolla erilaisina epäorgaanisina yhdisteinä. Epäorgaanisista yhdisteistä hiilen kiertokulussa ovat tärkeitä hiilidioksidi (CO_2), häkä (CO) sekä kalkkikivien sisältämät karbonaatit.

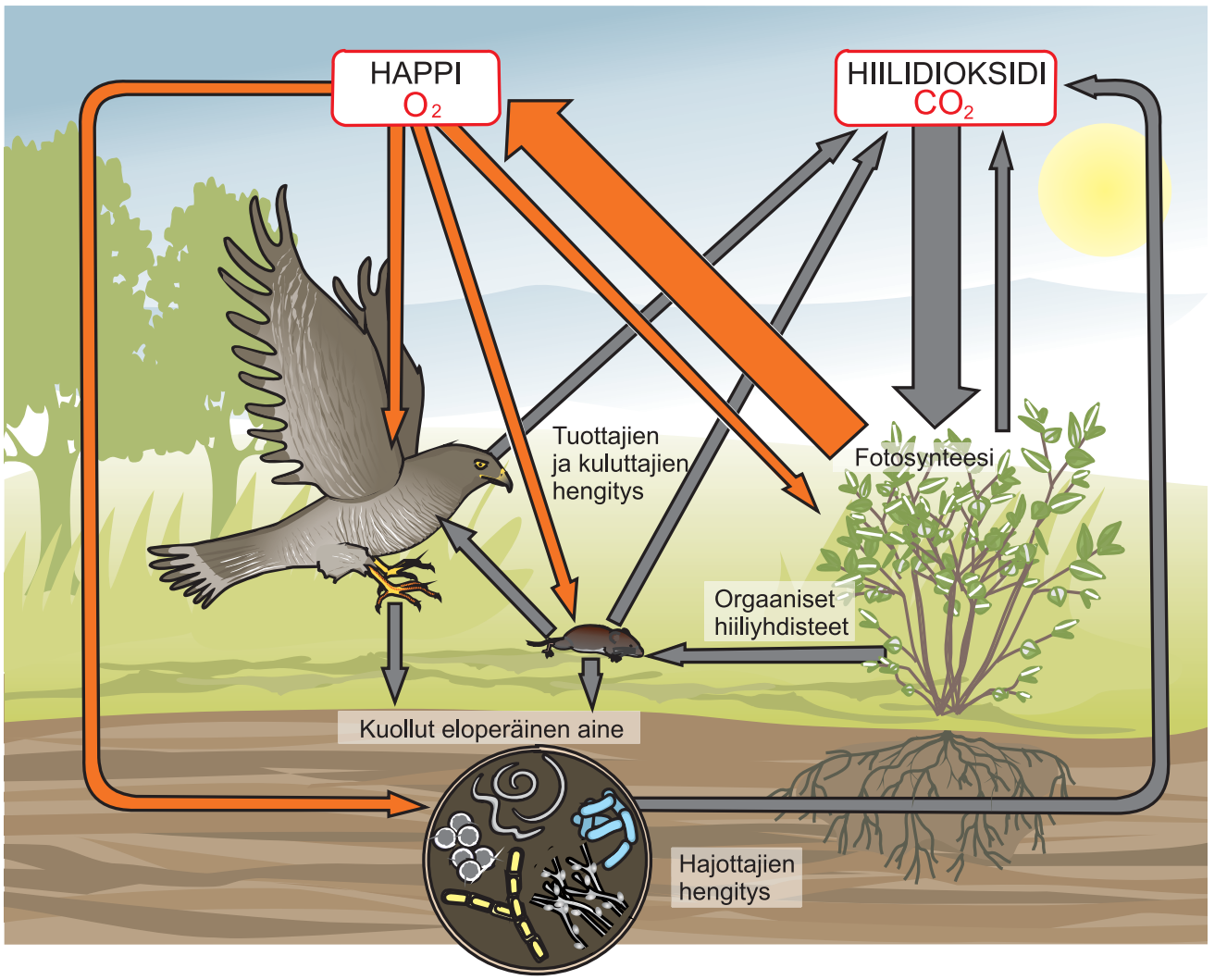
Hapen kiertokulku liittyy läheisesti hiilen kiertoon. Fotosynteesissä vapautuu happea, jota sekä tuottajat että kuluttajat käyttävät soluhengityksessään. Kaikki eliöt vapauttavat soluhengityksessä ilmakehään hiilidioksidia, jota tuottajat tarvitsevat fotosynteesiin.

Hiiltä sitoutuu fotosynteesissä ja vapautuu soluhengityksessä

Fotosynteesiin kykenevät eliöt, eli kasvit, levät ja syanobakteerit (”sinilevät”), sitovat hiilidioksidia fotosynteesissä. Siinä epäorgaanisesta hiilestä ja vedestä muodostuu Auringon valoenergian avulla sokeria, jonka kemiallisiin sidoksiin on sitoutuneena energiaa.

Hiiltä palautuu hiilidioksidina ilmakehään soluhengityksessä, kun eliöt vapauttavat orgaanisiin hiiliyhdisteisiin sitoutunutta energiaa. Hajottajat käyttävät omana energianlähteenään kuollutta eloperäistä ainetta, ja silloin myös niiden soluhengityksessä muodostuu hiilidioksidia. Hajottajien soluhengitystä kutsutaan maahengitykseksi. Lisäksi hiiltä palautuu ilmaan poltettaessa orgaanista ainetta sekä anaerobisissa käymisreaktioissa, kuten mätänemisessä.

Ympäristötekijät vaikuttavat sekä fotosynteesiin että hajoamiseen, joten ne muokkaavat myös hiilen kiertokulkua. Hiilidioksidin määrä vaikuttaa yhteyttämistehokkuuteen siten, että hiilidioksidin määrän lisääntyminen lisää fotosynteesiä, tosin vain tiettyyn rajaan saakka. Soihin ja järvien pohjaan kertyy hajoamatonta orgaanista ainetta, koska kylmyys ja vähähappisuus hidastavat hajoamista. Näin hiiltä varastoituu ekosysteemeihin.



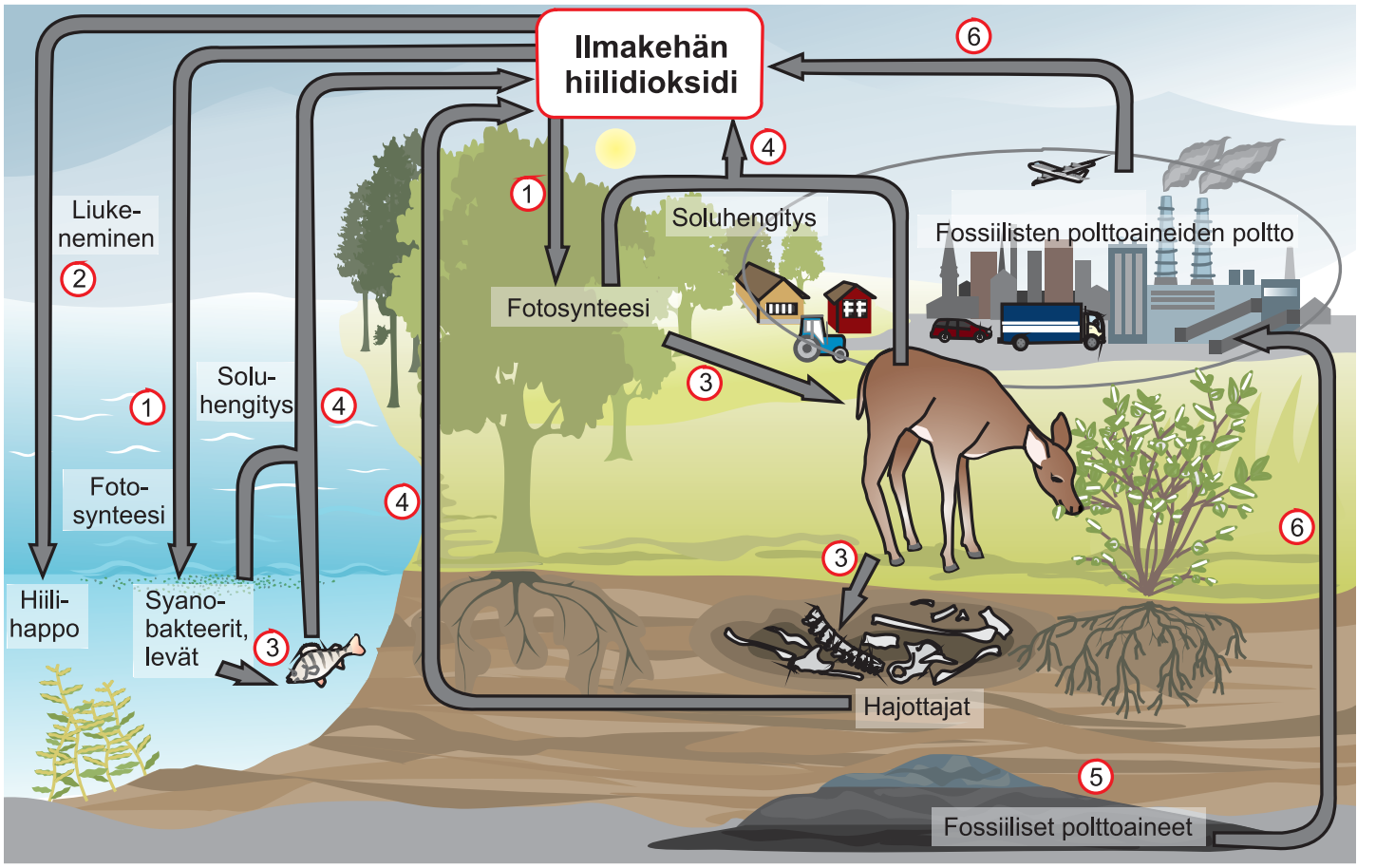
Hapen ja hiilen kiertokulut liittyvät läheisesti toisiinsa.

Hiiltä on lyhyt- ja pitkäaikaisissa varastoissa

Hiiltä on sekä ilmakehässä hiilidioksidina että eliöissä orgaanisina yhdisteinä. Tätä hiiltä kutsutaan nopeakiertoiseksi hiileksi. Kierron nopeus perustuu siihen, että eliöiden kasvaessa ja hajotessa hiiltä siirtyy edestakaisin ilmakehän ja biomassan välillä. Kuitenkin vain pieni osa maapallon hiilestä on mukana tässä nopeassa kierrossa. Näitä hiilen varastoja voidaan kutsua lyhytaikaisiksi varastoiksi.

Jos puuta tai muuta biomassaa käytetään polttoaineena, hiilidioksidia palautuu nopeaan kiertoon. Tämä vapautunut hiilidioksidi sitoutuu fotosynteesin kautta takaisin metsän biomassaksi, kun metsän uudelleenkasvusta huolehditaan. Näin nopeakiertoisen hiilen määrässä ei oleteta tapahtuvan suuria muutoksia. Nuoret metsät ja merten plankton sitovat tehokkaasti hiiltä, joten niitä kutsutaan hiilinieluiksi. Meriin hiiltä sitoutuu veden pintakerroksen levien ja syanobakteerien yhteyttäessä sekä hiilidioksidin liuetessa veteen hiilihapoksi.

Suurin osa maapallon hiilestä on varastoitunut pitkäaikaisiin varastoihin, kuten fossiilisiin polttoaineisiin, turpeeseen ja kallioperän karbonaatteihin. Lisäksi valtamerten pohjassa on valtavia metaanin muodostamia hiilivarastoja. Ne muodostuvat, kun merien pintakerroksessa syntyvä tai mantereelta kulkeutuva orgaaninen aine vajoaa kohti pohjaa. Pohjaan vajonnut orgaaninen aine joko muodostaa hapettomissa oloissa metaania sisältäviä sedimenttejä tai nousee virtausten mukana takaisin pintavesiin. Varastoitunut hiili palautuu hyvin hitaasti takaisin kiertoon. Polttaessaan fossiilisia polttoaineita ihminen siirtää hiiltä pitkäaikaisista varastoista takaisin ilmakehään. Hiiltä vapautuu runsaasti ilmakehään myös tulivuorten purkauksissa.



1. Kasvit, levät ja syanobakteerit sitovat hiilidioksidia fotosynteesissä
2. Ilmakehän hiilidioksidia liukenee veteen hiilihapoksi
3. Kuluttajat ja hajottajat saavat orgaaniset hiiliyhdisteet valmiina ravinnostaan.
4. Hiilidioksidia vapautuu takaisin ilmaan eliöiden soluhengityksessä. Hajottajien soluhengitystä kutsutaan maahengitykseksi.
5. Osa hiilestä on varastoitunut fossiilisiin polttoaineisiin, joita ovat maaöljy, maakaasu ja kivihiili.
6. Fossiilisia polttoaineita poltettaessa hiiltä vapautuu pitkäaikaisista varastoista takaisin ilmaan.

Fossiilisten polttoaineiden hiili on ollut poissa kierrosta jopa satoja miljoonia vuosia

Maapallon fossiiliset polttoaineet, maaöljy, maakaasu ja kivihiili, ovat peräisin noin 50–300 miljoonaa vuotta sitten maapallolla vallinneelta lämpimältä, levien ja kasvien kasvulle suotuisalta kaudelta. Kivihiilivarat ovat peräisin sanikkaisten valtakaudelta, jolloin maapallolla oli laajoja, tiheitä metsiä ja ilmassa paljon hiilidioksidia. Kuollut kasviaines peittyi vähitellen hiekan ja saven alle ja puristui paineessa kivihiileksi. Myös merissä oli tuolloin paljon eliöitä. Meressä eläneiden levien ja pieneliöiden jäännöksistä on aikojen kuluessa muodostunut maaöljyä ja maakaasua. Merten rikas eliöstö vajosi kuoltuaan pohjaan, ja jos olosuhteet olivat hapettomat, hajoamista ei tapahtunut. Tämä orgaaninen aines, eliöiden kalkkikuoret ja maalta kulkeutunut hieno kiviaines, muodostivat merten pohjiin paksuja sedimenttejä, joista kovassa paineessa syntyi sedimenttikiviä. Vähitellen kerrostumissa muodostuneet öljypisarat alkoivat puristua esiin ja kerääntyivät huokoisiin hiekka- ja kalkkikivikerrostumiin. Maaöljy ja maakaasu ovat keveitä, joten ne nousivat ylöspäin, kunnes saavuttivat läpäisemättömän esteen, johon ne jäivät. Näin muodostui maaöljy- ja kaasutaskuja.

Öljy ja maakaasu ovat muodostuneet pienten merieliöiden jäänteistä

Kuolleet pienet merieläimet ja levät painuivat vesialueiden pohjaan 300 miljoonaa vuotta sitten.

Orgaaninen aine puristui kasaan kovassa paineessa ja hapettomissa olosuhteissa, jolloin siitä syntyi maaöljyä ja maakaasua.

Läpäisemättömän kerroksen alle muodostui maaöljy- ja kaasutaskuja.

Kivihiili on syntynyt muinaisen turpeen kivettyessä

Maapalloa peitti tiheä sanikkaismetsä 300 miljoonaa vuotta sitten.

Kuolleita kasveja kerääntyi suoalueille ja mataliin vesistöihin.

Maatuva kasviaines puristui maakerrosten alla kovassa paineessa ja hapettomissa olosuhteissa kivihiileksi.

Kaikki eliöt tarvitsevat typpeä

Typpeä on solun proteiineissa, ATP-molekyyleissä ja nukleiinihapoissa. Proteiinit toimivat muun muassa entsyymeinä, jotka nopeuttavat solujen kemiallisia reaktioita. Lisäksi ne ovat monien solun osien rakennusaineita. ATP-molekyylit ovat solun energiaa varastoivia molekyylejä, ja nukleiinihapot (DNA, RNA) sisältävät ja välittävät perinnöllistä tietoa.

Typpeä on ilmassa, vedessä, maaperässä ja eliöissä. Ilmakehän koostumuksesta suurin osa, noin 78 prosenttia, on typpeä (N_2). Tätä lähes rajatonta typpikaasuvarastoa eivät useimmat eliöt kuitenkaan pysty sellaisenaan hyödyntämään, koska typpimolekyyli on kolmoissidoksensa takia erittäin pysyvä molekyyli. Maaperässäkin typpeä on usein vähän siinä muodossa, jossa kasvit voivat sitä käyttää. Siksi typpi on useimmille kasveille eniten kasvua rajoittava tekijä eli minimitekijä. Typen puute näkyy kasvin kasvun heikkenemisenä ja usein lehtien kellastumisena. Myös monissa vesiekosysteemeissä, kuten Itämeressä ja suuressa osassa maamme järviä, typpi on yleensä minimitekijä.

Ilmakehän typpeä sitoutuu ekosysteemeihin biologisesti ja abioottisesti

Vesissä elävät syanobakteerit pystyvät sitomaan ilmakehän typpikaasua. Tämä kyky on niille huomattava kilpailuetu. Silloin kun typen puute rajoittaa planktonlevien kasvua, vesi on riittävän lämmintä ja fosfaatteja on vedessä paljon, syanobakteerit voivat lisääntyä erittäin nopeasti.

Myös jotkin maaperässä elävät bakteerit pystyvät sitomaan ilmakehän typpikaasua ja muuttamaan sen kasveille käyttökelpoiseen muotoon ammoniumioneiksi (NH_4^+). Osa näistä bakteereista elää maaperässä vapaina, osa taas mutualistisessa suhteessa jonkin kasvin kanssa. Typensitojabakteereista tärkeimpiä ovat palkokasvien, kuten herneen tai apilan, kanssa elävät *Rhizobium*-bakteerit. Ne tunkeutuvat kasvien juureen ja muodostavat sinne nystyröitä, joiden sisällä ne elävät. Bakteerit antavat sitomaansa typpeä isäntäkasville käyttökelpoisessa muodossa, ammoniumtyppenä. Isäntäkasvilta ne saavat sokereita, joita ne käyttävät energialähteenään typensitomiseen. Tätä eliöiden suorittamaa typensidontaa kutsutaan biologiseksi typensidonnaksi.

Ekosysteemiin sitoutuu typpeä myös salamoinnin vaikutuksesta. Salamointi saa aikaan hyvin korkean lämpötilan, ja sen vaikutuksesta ilmakehän typpimolekyylit (N_2) hajoavat ja liittyvät happiatomeihin muodostaen typen oksideja (NO_x). Niistä muodostuu maaperässä nitraatti-ioneja (NO_3^-), joita kasvit pystyvät käyttämään. Tätä kutsutaan abioottiseksi typensidonnaksi.

Typen kiertoon osallistuvia bakteereita

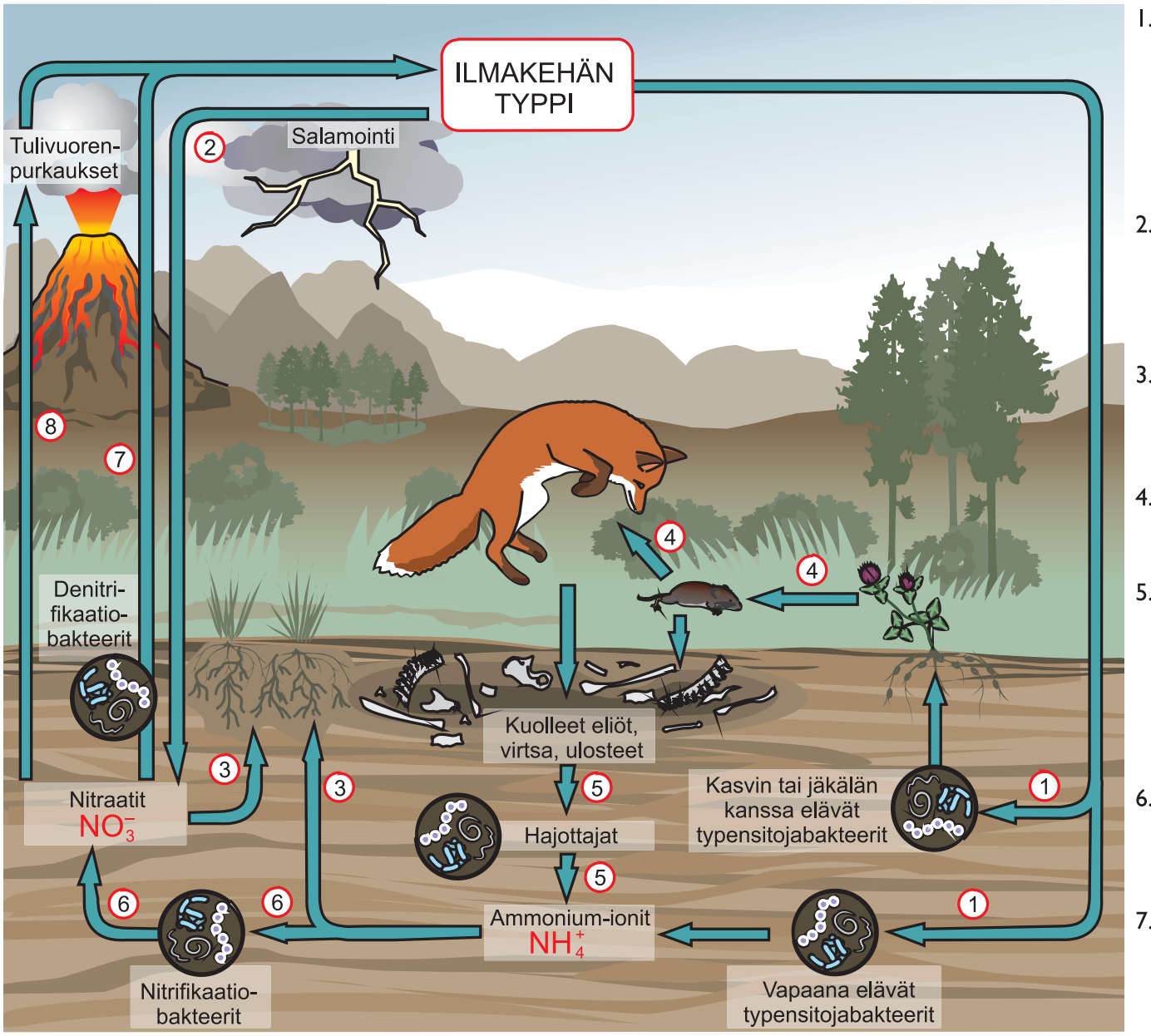
Bakteerit	Toiminta typen kierrossa
maaekosysteemien typensitojabakteerit	sitovat ilmakehän typpeä ja muuttavat sen ammoniumtypeksi
syanobakteerit	sitovat ilmakehän typpeä vesistöissä
nitrifikaatiobakteerit	muuttavat ammoniumtypen nitraattitypeksi
denitrifikaatiobakteerit	hajottavat nitraatteja, minkä seurauksena typpeä karkaa takaisin ilmaan

Syanobakteerit lisääntyvät sopivissa olosuhteissa räjähdysmäisesti, jolloin tiedotusvälineissä puhutaan sinilevien massaesiintymisestä eli sinileväkukinnasta.

Typpeä on luonnossa erilaisina yhdisteinä

Kasvit ottavat tarvitsemansa typpiyhdisteet maasta joko ammonium- tai nitraattiyhdisteinä. Suurin osa maaperän ammoniumyhdisteistä syntyy, kun mikrobit hajottavat kuolleiden eliöiden typpeä sisältäviä molekyylejä, kuten proteiineja. Maassa elävät nitrifikaatiobakteerit muuttavat ammoniumyhdisteet nitraateiksi, joita tuottajat käyttävät elintoimintoihinsa ja rakennusaineikseen.

Kaikki eläimet saavat tarvitsemansa typen ravinnostaan. Ravinnon sisältämät proteiinit hajotetaan eläimen ruuansulatuselimistössä aminohapoiksi, ja niistä valmistetaan soluissa uusia proteiineja sekä muita typpeä sisältäviä molekyylejä. Eläimistä poistuu typpiyhdisteitä ulosteiden ja virtsan mukana. Ne, samoin kuin kuolleiden eliöiden typpiyhdisteiden typpi, joutuvat hajottajien käsittelyyn. Jos maaperässä on happea, hajotustyön tuloksena syntyy ammoniumioneja, jotka jäävät maaperään kasvien käytettäväksi tai nitrifikaatiobakteerien käsiteltäväksi.



1. Ilmakehän typpeä kykenevät biologisesti sitomaan vain jotkin typensitojabakteerit. Sitomansa typen ne muuttavat ammoniumioneiksi.
2. Abioottisessa typensidonnassa ekosysteemiin sitoutuu nitraattityppeä salamoinnin vaikutuksesta.
3. Kasvit ottavat tarvitsemansa typpiyhdisteet ammonium- tai nitraatti-ioneina.
4. Eläimet saavat tarvitsemansa typen ravinnostaan.
5. Hajottajien hajotustyön tuloksena kuolleiden eliöiden sisältämistä orgaanisista typpiyhdisteistä syntyy maaperässä ammonium-ioneita.
6. Nitrifikaatiobakteerit muuttavat ammonium-ionit nitraatti-ioneiksi.
7. Hapettomissa oloissa denitrifikaatiobakteerit hajottavat nitraatteja, minkä seurauksena typpeä karkaa takaisin ilmakehään.
8. Tulivuorenpurkauksissa syntynyttä typpeä vapautuu ilmakehään.

Hapettomissa oloissa tapahtuu denitrifikaatiota, jossa nitraattitypestä syntyy typpikaasua (N_2) tai dityppioksidia (N_2O). Näin typpeä poistuu maaperästä täydentämään ilmakehän typpikaasuvarastoa. Poistuva typpi ei ole enää kasvien käytettävissä. Siksi hyötykasveja viljeltäessä maaperän happipitoisuutta lisätään parantamalla maan kuohkeutta esimerkiksi muokkaamalla ja huolehtimalla vettyneen maan ojituksesta.

Leppien, kuten kuvan tervalepän, juurissa on juurinystyräbakteereita, jotka sitovat ilmasta typpeä. Koska leppä saa runsaasti typpiyhdisteitä juurinystyräbakteereilta, sen ei tarvitse ottaa syksyn tullen arvokkaita typpiyhdisteitä talteen lehdistä runkoonsa. Sen vuoksi lepät pudottavat lehtensä vihreinä.

Epäorgaaninen fosfori muuttuu orgaaniseksi ravintoketjuissa

Fosforia on soluissa ATP-molekyylien, nukleiinihappojen ja solukalvon molekyylien rakennusaineena. Se on myös eläinten luiden ja hampaiden rakennusaine. Fosforin elottoman luonnon varastot sijaitsevat kallioperässä fosfaatteina. Kallioperän rapautuessa siitä irtoaa fosfaatteja maaperään ja vesiin. Myös lannoitteena käytetty fosfori louhitaan kallioperästä.

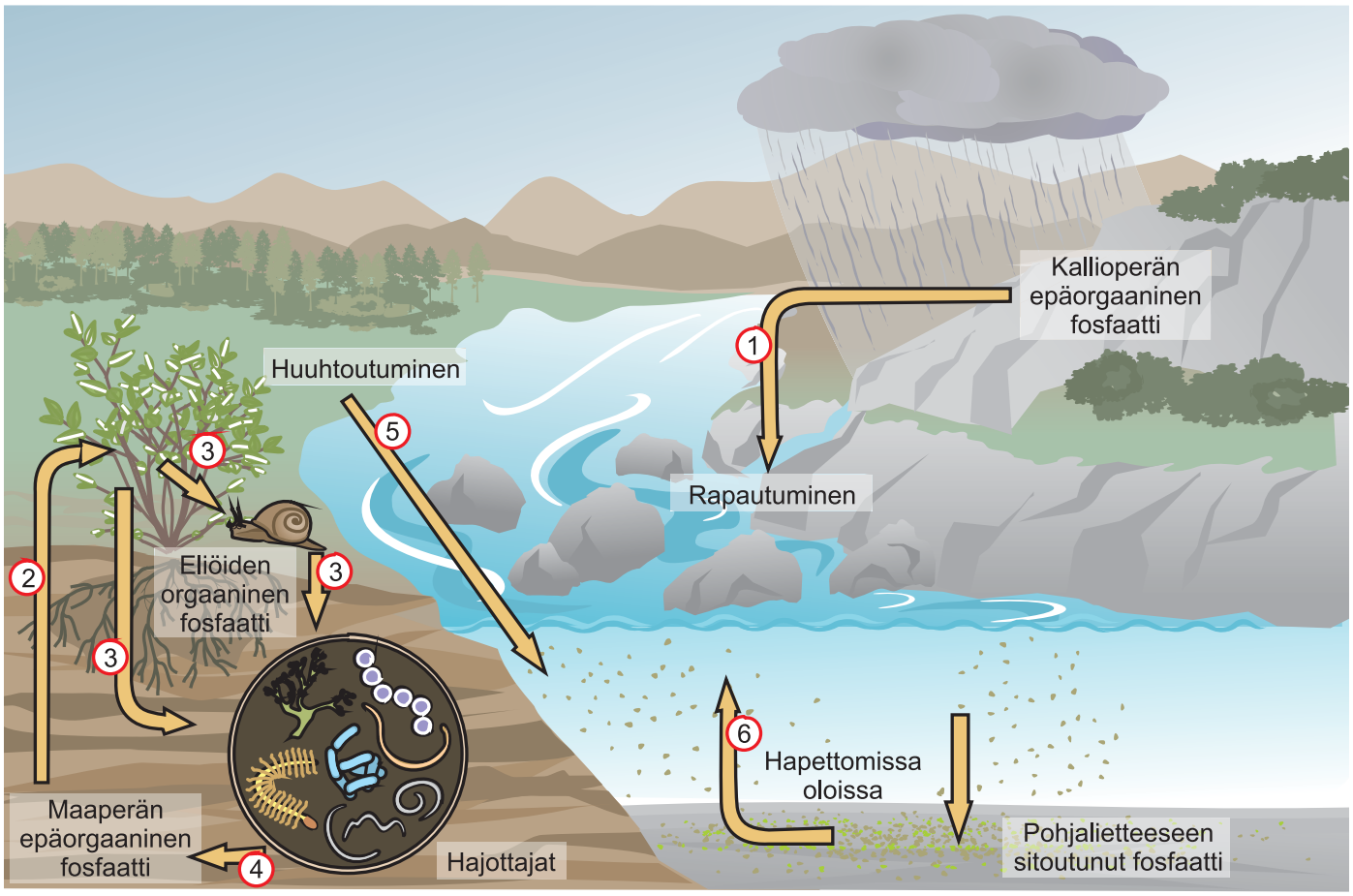
Typen ohella fosforikin on monissa ekosysteemeissä, kuten lähes kaikissa Suomen järvissä, tuottajien kasvua rajoittava minimitekijä. Luonnonvaraisissa ekosysteemeissä sitä on yleensä niukasti saatavilla tuottajien käyttöön, koska se on huonosti liukeneva ja sitoutuu helposti maaperässä maahiukkasiin ja vesien pohjalietteeseen.

Metsäekosysteemissä esimerkiksi nahkajäkälä sitoo ilmakehän typpeä syanobakteerien avulla. Nahkajäkälässä sieni- ja syanobakteeriosakas elävät mutualistisessa suhteessa.

Fosforin kierto on yksinkertaisempi kuin hiilen ja typen kierto. Epäorgaaninen fosfori on maaperässä fosfaatti-ioneina (PO_4^{3-}), joita kasvit ottavat juurillaan ja muuttavat solujensa erilaisissa kemiallisissa reaktioissa orgaaniseen muotoon. Eläimet saavat tarvitsemansa fosforin orgaanisessa muodossa syömällä kasveja tai toisia eläimiä. Hajottajat hajottavat kuolleiden eliöiden sisältämiä orgaanisia fosforiyhdisteitä, minkä seurauksena fosforia palautuu taas fosfaatteina maaperään tuottajien käyttöön. Fosforin kierto on melko paikallista, koska osa fosforista sitoutuu heti maaperässä maahiukkasiin.

Maaperän fosfaatteja voi liueta tai huuhtoutua vesistöihin. Vesiekosysteemeissä fosfori kiertää ravintoketjuissa samalla tavalla kuin maaekosysteemeissäkin. Osa fosforista voi kuitenkin sitoutua pohjan sedimentteihin eliöiden ulottumattomiin. Fosforia voi kuitenkin alkaa vapautua takaisin veteen, jos olosuhteet pohjan lähellä muuttuvat hapettomiksi. Geologisten prosessien, kuten vuoren poimuttumisen, seurauksena voi sedimentteihin sitoutunut fosfori myös palata maan pinnalle ekosysteemien eliöiden käyttöön. Kiertokulku alkaa taas alusta, kun syntyneiden muodostumien eroosio alkaa.

Maataloudessa käytetään runsaasti typpi- ja fosforilannoitteita. Typpilannoitteita valmistetaan sähkövirran avulla ilmakehän typpikaasumolekyyleistä. Typpilannoitteiden valmistuksessa kuluu valtavasti energiaa, jota saadaan yleensä fossiilisia polttoaineita polttamalla. Fosforilannoitteiden raaka-ainetta louhitaan kallioperästä.



1. Kallioperän rapautuessa siitä irtoaa fosfaatteja maaperään ja vesiin.
2. Kasvit ottavat maaperästä fosforia fosfaatteina.
3. Tuottajilta fosfori siirtyy orgaanisina fosfaattiyhdisteinä kuluttajille ja hajottajille.
4. Hajottajat hajottavat kuolleiden eliöiden sisältämät orgaaniset fosforiyhdisteet takaisin epäorgaaniseksi fosfaatiksi tuottajien käyttöön.
5. Fosfaattia huuhtoutuu maaperästä vesistöihin.
6. Hapettomissa oloissa pohjalietteeseen sitoutunutta fosfaattia vapautuu veteen.

Kompostoinnin avulla orgaanisten jätteiden sisältämät ravinteet voidaan palauttaa takaisin kiertoon

Kotitalouksissa syntyy jatkuvasti orgaanista jätettä eli biojätettä, jonka sisältämät ravinteet voidaan kompostoimalla palauttaa takaisin kiertoon. Biojätettä ovat esimerkiksi ruuantähteet, hedelmien kuoret, kahvinporot ja teepussit. Kompostoinnista on monia etuja. Sen avulla saadaan vähennettyä kaatopaikalle päätyvän jätteen määrää. Lisäksi kompostoinnissa syntyvää multaa voidaan käyttää puutarhassa maanparannusaineena. Myös kaatopaikoilla voidaan kompostoida sinne tuotava biojäte. Kaatopaikkojen kompostointialueilla syntyvää multaa käytetään esimerkiksi puistojen istutuksissa.

Kompostoinnissa jätteiden hajotukseen osallistuu hyvin monenlaisia pieneliöitä, kuten bakteereja, sieniä ja lieroja. Hajotustyön tuloksena syntyy hiilidioksidia, vesihöyryä, lämpöenergiaa ja ravinteikasta multaa. Kompostorissa tulee olla riittävästi happea, jotta soluhengityksestä energiansa saavat hajottajat pystyvät toimimaan siellä. Kompostoitavaa jätettä on hyvä kastella ja sekoittaa, ja siihen kannattaa lisätä ilmavuutta parantavia seosaineita, kuten sahanpurua tai puuhaketta. Hyvin hoidettuna kompostori on hajuton ja harmiton.

Kompostorin voi joko ostaa valmiina kaupasta tai rakentaa itse. Biojätteen ympärivuotiseen kompostointiin tarvitaan lämpöeristetty kompostori. Sen pohjalla tulee olla tiheä metalliverkko, joka estää jyrsijöiden pääsyn kompostorin sisään.

Käymäläjätteetkin voidaan nykyisin kompostoida biokäymälässä. Lopputuotteena syntyvän maanparannusaineen lisäksi saavutetaan huomattava veden säästö, koska biokäymälä toimii ilman vettä.

TEHTÄVÄT

1. Aineiden kiertoon liittyvät käsitteet

Selitä, mitä seuraavat käsitteet tarkoittavat.

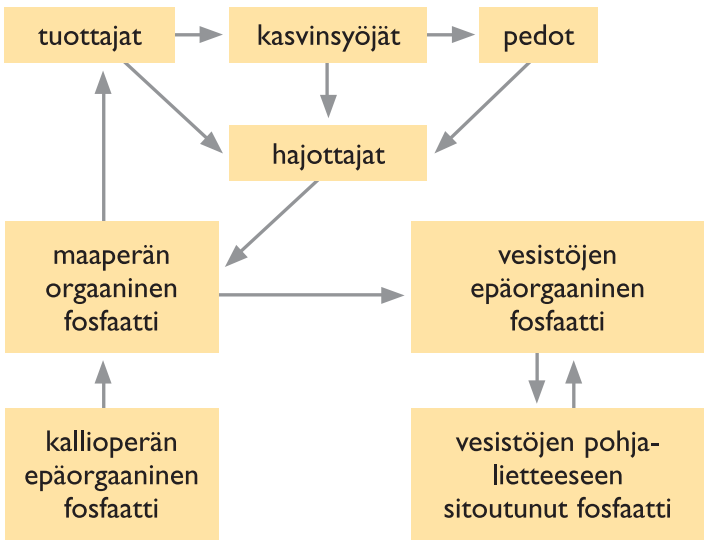
a. hiilinielu
b. hiilen nopea kierto
c. hiilen hidas kierto
d. denitrifikaatio
e. biologinen typensidonta
f. abioottinen typensidonta

2. Bakteerien merkitys

Perustele, miksi bakteerit ovat välttämättömiä typen kiertokulussa.

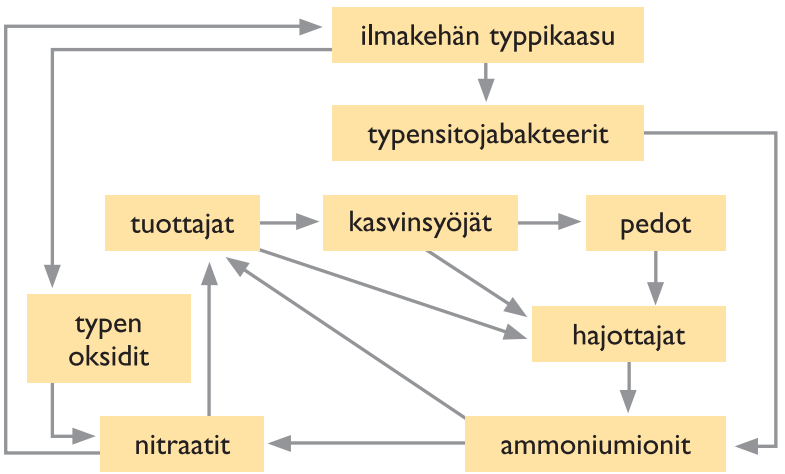
3. Fosforin kierto

a. Mihin eliöt tarvitsevat fosforia?
b. Missä ovat fosforin epäorgaaniset varastot?
c. Kuvassa on esitetty fosforin kierron vaiheet. Selitä ne sanallisesti.



4. Typen kierto

a. Mihin eliöt tarvitsevat typpeä?
b. Missä ovat typen epäorgaaniset varastot?
c. Kuvassa on esitetty typen kierron vaiheet. Selitä ne sanallisesti.



5. Kasvien typensaanti

yo s-08

Mihin kasvit tarvitsevat typpeä? Esittele kasvien erilaisia typensaantikeinoja.

6. Hajottajien toiminta

yo k-11

Hajottajien toiminta ja merkitys maaperässä.

7. Lihansyöjäkasvit

Suomessa on 12 lihansyöjäkasveihin kuuluvaa kasvilajia, kuten kuvien siniyökönlehti ja pitkälehtikihokki. Lihansyöjäkasvit elävät vähäravinteisilla ja happamilla alueilla, kuten soilla. Ne pyydystävät erilaisia pieniä hyönteisiä ja hajottavat ne entsyymiensä avulla. Miksi hyönteisten käyttäminen ravintona antaa lihansyöjäkasveille kilpailuedun muihin samalla alueella kasvaviin kasveihin nähden?

siniyökönlehti

pitkälehtikihokki

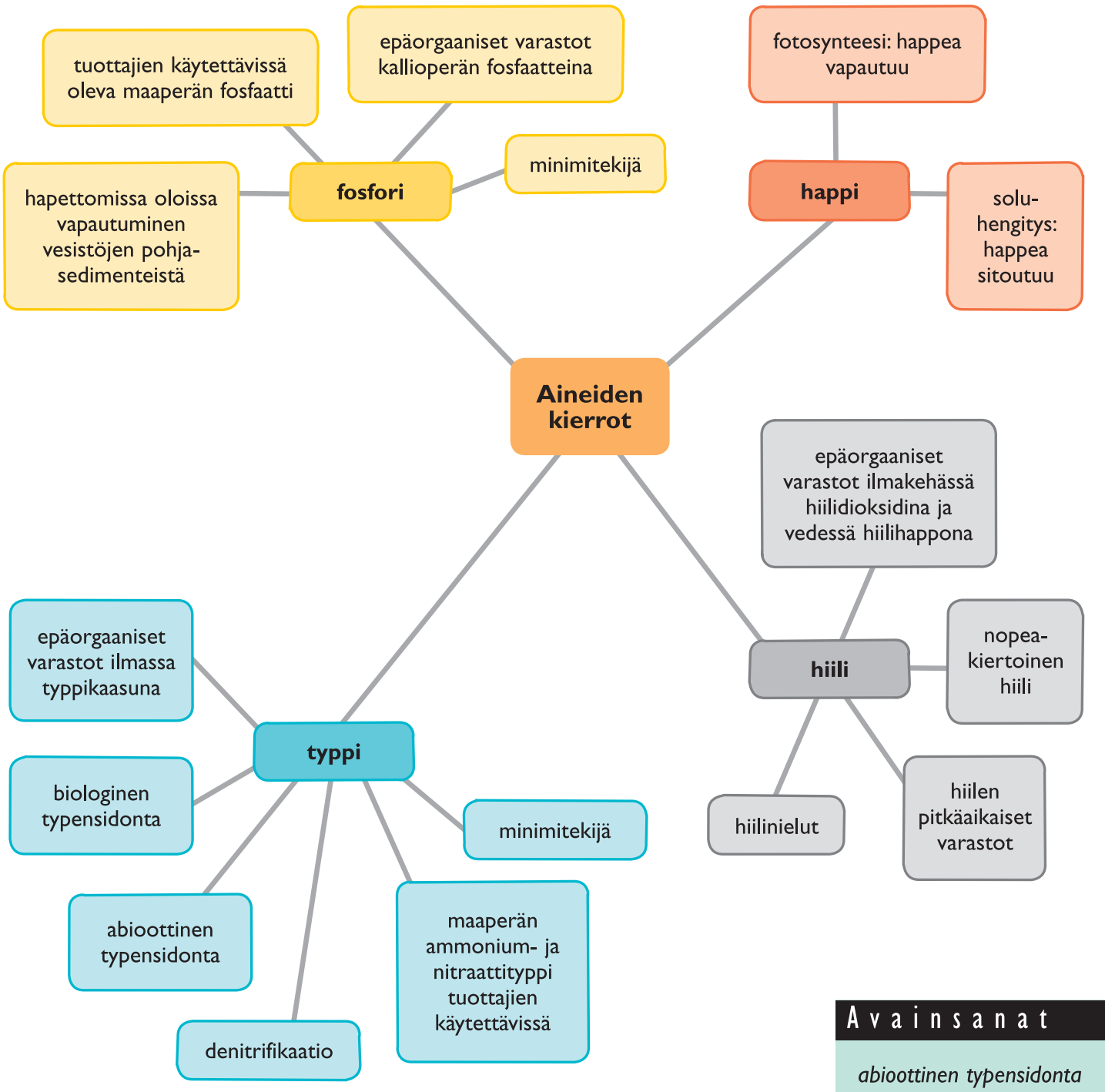
8. Kompostin toiminnan tutkiminen

tt

Suunnittele koejärjestely, jonka avulla tutkisit kompostista yhtä tai useampaa seuraavista asioista:

– lämpötilan vaikutus hajotusnopeuteen
– hapen merkitys hajotustoiminnalle
– erilaisten orgaanisten aineiden hajoamisnopeuden erot
– kosteuden vaikutus hajotusnopeuteen.

Yhteenveto



Avainsanat

abioottinen typensidonta
biologinen typensidonta
denitrifikaatio
fosforin kierto
fossiiliset polttoaineet
hiilen kierto
hiilen lyhytaikaiset varastot
hiilen pitkäaikaiset varastot
hiilinielu
kompostointi
nitrifikaatio
typen kierto

5.

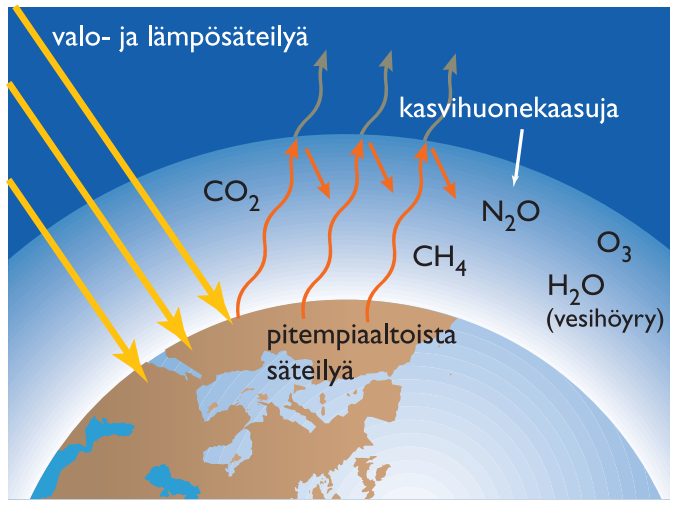
Kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä vaikuttaa maapallon ilmastoon

Tiedotusvälineet toistelevat uutisia, joiden mukaan maapallon ilmasto lämpenee, jäätiköt sulavat ja sään ääri-ilmiöt yleistyvät. Suomessakin talvet ovat tulevaisuudessa yhä useammin lauhoja, lumettomia ja sateisia.

Mitä siis on tulossa? Mitä ilmastonmuutos merkitsee luonnon ekosysteemeille ja eliöille? Miten eliöt sopeutuvat, ja miten Suomen lajisto muuttuu tulevina vuosikymmeninä?

Elämme kasvihuoneessa – onneksi

Maapalloa ympäröivä ilmakehä on useiden kaasujen seos. Kaasuista hiilidioksidi, metaani ja varsinkin vesihöyry vaikuttavat maapallon lämpötilaan. Auringosta saapuvasta säteilystä osa imeytyy maapallon pintaan, meriin ja ilmaan ja lämmittää niitä. Osa tästä imeytyneestä lämmöstä säteilee takaisin avaruuteen pitempiaaltoisena lämpö- eli infrapunasäteilynä. Hiilidioksidi, metaani ja vesihöyry kuitenkin sitovat itseensä (absorboivat) lämpösäteilyä, jolloin ilmakehä lämpenee. Tämä lämmittää koko maapallon ilmastoa. Ilmiötä kutsutaan luontaiseksi kasvihuoneilmiöksi ja lämpösäteilyä sitovia kaasuja kasvihuonekaasuiksi. Ilman luontaisen kasvihuoneilmiön lämmittävää vaikutusta maapallon keskilämpötila olisi noin 33 astetta alempi ja elävä luonto erilainen kuin nykyinen.



Alailmakehän kasvihuonekaasut ovat ikään kuin kasvihuoneen katto ja seinät, jotka pidättävät lämpöä. Ilmakehän runsaimmat kaasut, typpi (N_2) ja happi (O_2), eivät toimi kasvihuonekaasuina. Kasvihuoneilmiön kannalta merkittävin kasvihuonekaasu on vesihöyry. Muita luonnolliseen kasvihuoneilmiöön vaikuttavia kaasuja ovat muun muassa hiilidioksidi ja metaani.

Ihminen lisää kasvihuonekaasujen määrää – maapallon ilmasto lämpenee

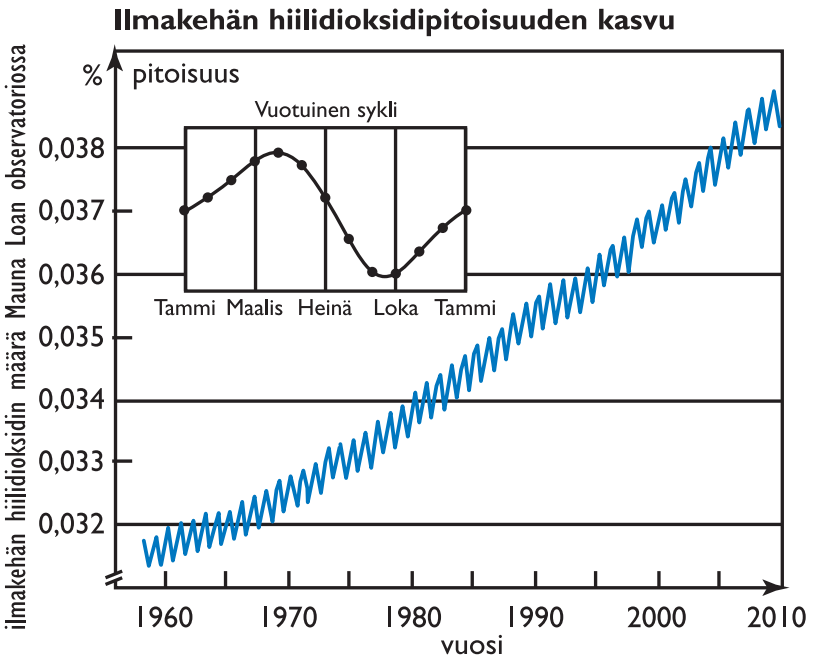
Maapallon ilmasto muuttuu jatkuvasti. Maapallon historiassa on ollut jääkausia ja pitkiäkin lämpimiä kausia. Luonnollinen kasvihuoneilmiö ja useat muut luonnolliset ilmastotekijät ovat muokanneet maapallon ilmastoa. Muokkaavia tekijöitä ovat olleet muun muassa hitaat muutokset Maan kiertoradassa Auringon ympäri, suuret vulkaaniset purkaukset, mannerlaattojen liikkeet ja muutokset merivirroissa. Nyt kuitenkin on selvää, että ihmisen toiminta muuttaa ilmastoa merkittävästi. Nykyinen muutos tarkoittaa maapallon ilmastohistoriassa hyvin nopeaa lämpenemistä.

Maapallon kehityshistorian kuluessa hiilidioksidin määrä on pysynyt kauan tietyllä tasolla, johon nykyisin elävät eliöt ovat pitkän ajan kuluessa sopeutuneet. Jos hiilidioksidipitoisuus muuttuu nopeasti, ekologinen tasapaino järkkyy. Tärkeimmät ihmiskunnan vaikutuksesta ilmakehään kertyvät kasvihuonekaasut ovat hiilidioksidi (CO_2), CFC-yhdisteet eli kloorifluorihiiliyhdisteet, metaani (CH_4), dityppioksidi (N_2O) ja alailmakehän otsoni (O_3).

Tärkein kasvihuoneilmiötä edistävä eli ilmastonmuutosta aiheuttava kaasu on hiilidioksidi. Yleisesti sen katsotaan aiheuttavan noin kaksi kolmasosaa ilmakehän lämpötilan noususta. Ilmakehässä on noin 20 prosenttia nopeasti kiertävästä hiilestä. Tärkein syy hiilidioksidin määrän kasvuun ilmakehässä on fossiilisten polttoaineiden käyttö teollisuudessa ja liikenteessä. On arvioitu, että ennen teollista vallankumousta 1700-luvulla, hiilidioksidin määrä ilmakehässä oli noin 0,027 prosenttia. Vuoden 2012 keskimääräinen pitoisuus oli jo 0,0394 prosenttia.

Metaani on erittäin tehokas kasvihuonekaasu, sillä se absorboi lämpösäteilyä kymmeniä kertoja tehokkaammin kuin hiilidioksidi. Metaania syntyy, kun orgaaninen aine hajoaa mätänemällä hapettomissa olosuhteissa eli anaerobisesti. Näin tapahtuu esimerkiksi soiden ja riisipeltojen vettyneessä maaperässä, kaatopaikoilla ja märehtijöiden, kuten lehmien, pötseissä. Metaania karkaa ilmakehään myös öljyn ja maakaasun tuotannossa.

Kloorifluoriyhdisteitä eli CFC-aineita käytettiin aiemmin yleisesti kylmälaitteissa, vaahtomuoveissa, suihkepullojen ponnekaasuina ja liuottimina. Ne



Amerikkalainen kemisti Charles Keeling kehitti tarkan CO_2-pitoisuuden mittausmenetelmän ja alkoi tehdä mittauksia Mauna Loa -vuorella Havaijilla vuonna 1958. Hän havaitsi, että tulokset vaihtelivat vuodenaikojen mukaan siten, että syksyllä arvot olivat pienempiä kuin keväällä. Tämä selittyy sillä, että kesäisin hiiltä sitoutuu suuria määriä pohjoisen pallonpuoliskon metsiin, kun fotosynteesi on voimakkaimmillaan. Talvella vastaavasti hiiltä palautuu hajottajien vaikutuksesta takaisin ilmaan. Jo muutaman vuoden mittausten jälkeen Keeling havaitsi myös selkeän suuntauksen: ilmakehän CO_2-pitoisuus kasvaa.

toimivat ilmakehän alaosissa (troposfäärissä) kasvihuonekaasuina ja tuhoavat ylemmissä kerroksissa (stratosfäärissä) otsonia. CFC-yhdisteiden päästöt ovat kansainvälisten rajoitussopimusten ansiosta koko ajan vähentyneet. Yhdisteiden vaikutus kasvihuoneilmiöön on kuitenkin suuri, koska ne ovat paitsi hyvin tehokkaita kasvihuonekaasuja myös erittäin pitkäikäisiä.

Dityppioksidia (N_2O) eli typpioksiduulia muodostuu luonnossa denitrifikaatiossa, kun maaperän ja vesistöjen mikrobit vapauttavat hapettomissa oloissa nitraattien sisältämää typpeä ilmakehään. Luonnon omissa prosesseissa muodostuvan dityppioksidin määrä on vähäinen, koska typpi kiertää ekosysteemissä lähes täydellisesti, eikä ilmakehään ”vuoda” typpeä. Nitraattilannoitteiden käyttö pelloilla, metsien hakkuut ja maaperän ravinnekiertoa nopeuttavat toimenpiteet, kuten maan muokkaus, kuitenkin lisäävät dityppioksidin päästöjä. Jonkin verran sitä pääsee ilmakehään myös polttoprosesseissa.

Riisinviljelyn arvioidaan tuottavan noin 16 prosenttia ihmisen aiheuttamista metaanipäästöistä.

Teollisuusmaissa energiantuotanto ja liikenne ovat tärkeimpiä kasvihuonekaasujen lähteitä. Suomessa ne tuottavat 86 prosenttia kasvihuonekaasuista. Muita päästölähteitä ovat lannoitus, kaatopaikat, karjatalous ja sementin valmistus.

Otsonia syntyy auringon UV-säteilyn ja salamoinnin vaikutuksesta yläilmakehässä (stratosfäärissä), jossa se on elämälle välttämätön suoja haitallista UV-säteilyä vastaan. Alailmakehään (troposfääriin) otsonia syntyy, kun esimerkiksi liikenteen pakokaasujen typenoksidit reagoivat auringon valossa hiilivetyjen kanssa. Syntyvä otsoni on myrkyllistä sekä kasveille että eläimille. Yläilmakehän otsoni sitoo saapuvaa auringon säteilyä ja hidastaa näin ilmaston lämpenemistä. Alailmakehän otsoni taas toimii kasvihuonekaasuna.

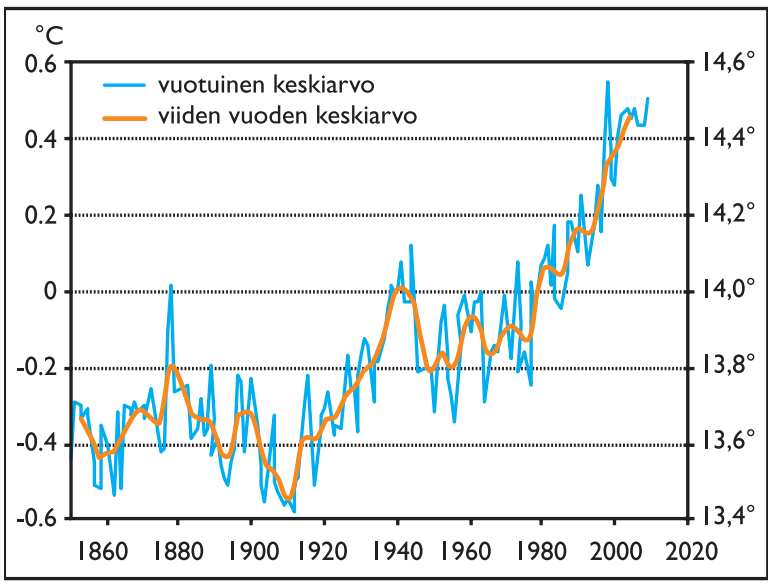
Kasvihuoneilmiön voimistumista ja ilmastonmuutoksen voimakkuutta on vaikea ennustaa. Emme tiedä, miten kasvihuonekaasujen päästöt kehittyvät. Ilmastoa muuttavien tekijöiden vaikutuksia ei tunneta kunnolla. Etenkin ilmakehään pääsevät pienet hiukkaset, aerosolit, viilentävät ilmastoa, koska ne vähentävät maanpinnalle päätyvän auringon säteilyn määrää. Ihminen lisää aerosolien määrää etenkin alailmakehässä. Hiukkasia syntyy myös luonnollisesti, kun ilmakehän kaasut reagoivat keskenään.

Pilvisyyden muutosten vaikutuksia lämpenemiseen on vaikea arvioida. Päivisin pilvet viilentävät, kun osa auringon säteilystä heijastuu pilvistä takaisin avaruuteen. Öisin pilvipeite taas lämmittää estämällä lämmön karkaamista. Ilmaston lämmetessä pilvisyyden jakauma muuttuu. Ei voida varmasti arvioida, lisääkö vai vähentääkö pilvisyyden muutos lämpenemistä.

Vesihöyry on tärkein luontainen kasvihuonekaasu. Sen osuus luonnollisen kasvihuoneilmiön lämmittävässä vaikutuksessa arvioidaan yli 50 prosentiksi. Ihmiskunta ei suoraan muuta ilmakehässä olevan vesihöyryn määrää, mutta ilmakehän lämmetessä ilmakehän kyky sitoa vesihöyryä lisääntyy. Tällöin kasvihuonevaikutus voimistuu.

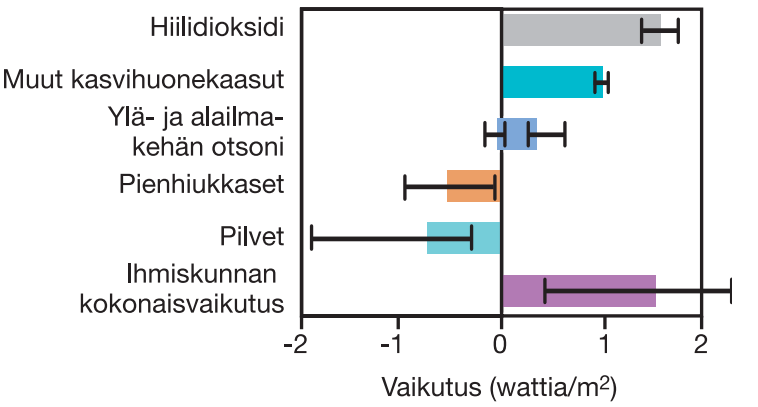
Lämpenemistä voimistava palauteilmiö liittyy lumeen ja jäähän. Lämpeneminen vähentää lumen ja jään pinta-alaa maapallolla. Sula maa tai merenpinta heijastaa paljon vähemmän auringon säteilyä kuin lumi tai jää. Tällöin entistä enemmän auringon säteilyä jää lämmittämään maan pintaa.

Maapallon keskilämpötila 1850–2009



Kuvaaja esittää maapallon keskimääräisten lämpötilojen muuttumisen 1850-luvulta lähtien. Mittaus on tehty merenpinnan tasolta. Vuosien 1961–1990 keskiarvo on kuvaajan arvossa nolla.

Maapallon lämpötilaan vaikuttavia tekijöitä

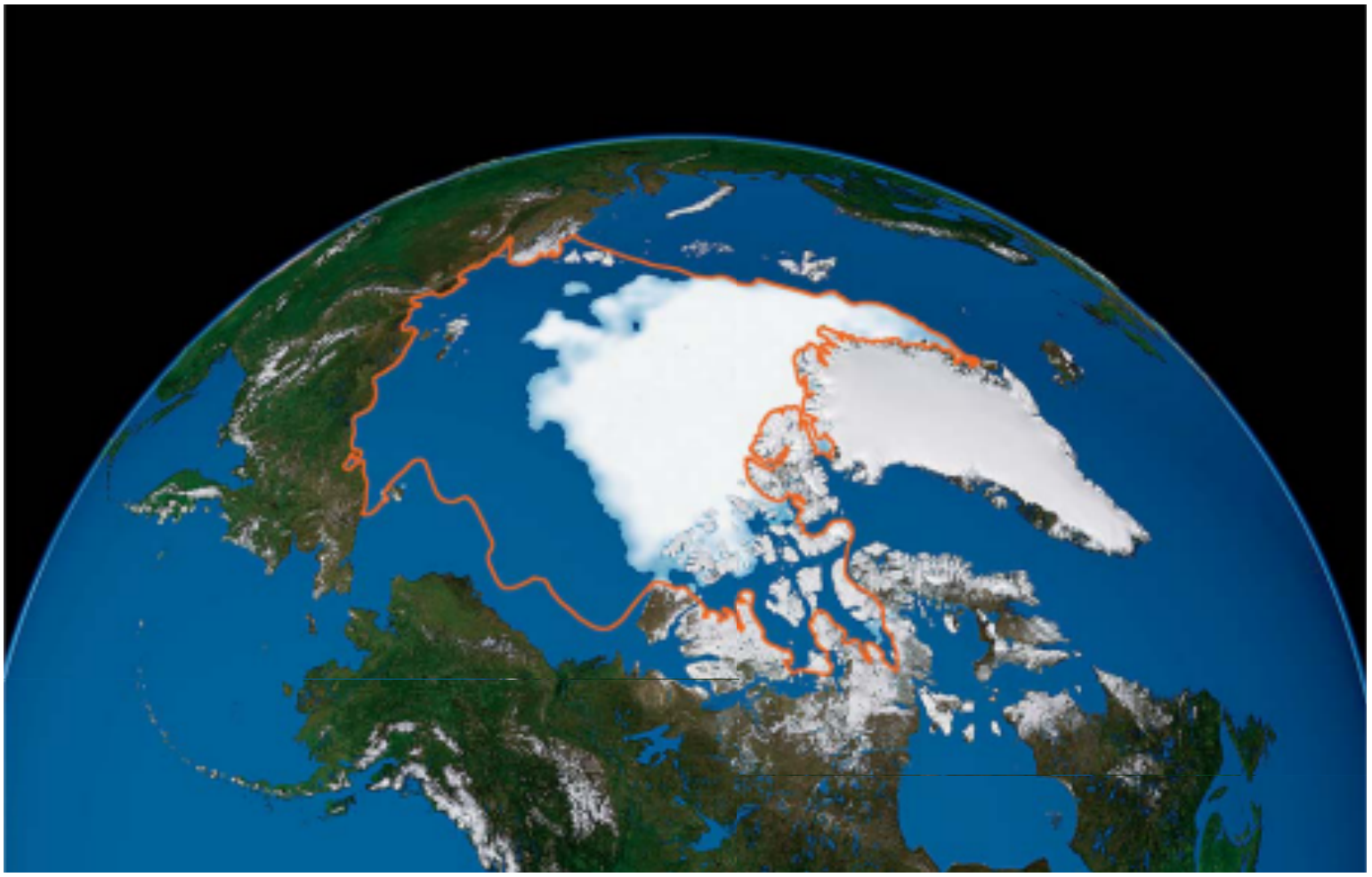


Kaavio esittää tärkeimpiä maapallon lämpötilaan vaikuttavia ihmisestä johtuvia tekijöitä. Niiden vaikutus on joko lämmittävä tai jäähdyttävä. Kasvihuonekaasut nostavat lämpötilaa, mutta erilaiset pienhiukkaset alentavat sitä. Pylvään pituus ilmaisee tutkijoiden esittämän arvion, ja pylvään päässä oleva jana kuvaa tämän arvion epävarmuutta. Erityisen huonosti tunnetaan pienhiukkasten epäsuora vaikutus pilvissä pisaroiden tiivistymiskeskuksina. Kokonaisvaikutus tarkoittaa kasvihuonekaasujen ja pienhiukkasten yhteisvaikutusta. Vaikutukset on laskettu vertaamalla vuotta 2005 esiteolliseen aikaan. (Lähde: FMI)

Ilmastonmuutos vaikuttaa kaikkialla maapallolla

Erilaisia tietoja ja arvioita lämpötilojen muutoksista on pohjoiselta pallonpuoliskolta noin tuhannen vuoden ajanjaksolta. Vertailukelpoisia mittaustuloksia on noin sadalta viime vuodelta. Lämpötilan muutokset ovat kuitenkin eri puolilla maapalloa erilaisia. Tutkijat ovat laatineet monenlaisia malleja lämpenemisen vaikutuksista. Mallien antamat ennusteet poikkeavat toisistaan, ja lisäksi alueellisia muutoksia on vaikea ennustaa. Lämpötilan ennustetaan kohoavan eniten arktisella alueella, Aasian ja Amerikan pohjoisosissa sekä Pohjois-Euroopassa – jopa kuusi astetta vuosisadan loppuun mennessä. Myös veden kiertokulussa tapahtunee muutoksia. Sademäärien ja haihtumisen uskotaan lisääntyvän erityisesti pohjoisen pallonpuoliskon leveysasteilla 30.–85., eli esimerkiksi Suomessa. Toisaalta monilla alueilla, kuten Etelä-Euroopassa, kuivuus lisääntyy.

Useissa kokeellisissa tutkimuksissa on tarkasteltu ilmakehän kohonneen hiilidioksidipitoisuuden vaikutuksia kasveihin. Koejärjestelyissä on käytetty noin 0,07 prosentin hiilidioksidipitoisuutta. Eräiden mallien mukaan hiilidioksidin määrä on sillä tasolla jo vuoden 2100 paikkeilla.



Vuonna 2012 pohjoisen napa-alueen merijää oli sulanut enemmän kuin koskaan sinä aikana, kun havaintoja on tehty. Jään häviäminen vähentää auringon säteilyn heijastumista ja lisää säteilyn absorptiota meriveteen. Tämä voi kiihdyttää maapallon ilmaston lämpenemistä entisestään. Samaan aikaan myös mantereilla olevat jäätiköt sulavat, mikä johtaa valtamerten pinnan huomattavaan nousuun. Kuvan punainen viiva kuvaa alueen jäätilannetta vuonna 1979.

Tutkimuksissa on havaittu pohjoisella pallonpuoliskolla jäätiköiden sulamista, jokien ja järvien jääpeiteajan lyhentymistä ja kasvukauden pidentymistä. On vaikea osoittaa, mitkä kaikki ilmastossa tapahtuvat muutokset ovat ihmisen aiheuttamia ja missä määrin. Rajuista sääolosuhteista helleaaltojen lisääntyminen on seurausta kasvihuoneilmiön voimistumisesta. Pyörremyrskyjen yhteys kasvihuoneilmiöön taas on monimutkaisempi.

Kasvillisuusvyöhykkeiden rajat siirtyvät

Ilmasto on tärkeimpiä eliöiden levinneisyyttä säätteleviä tekijöitä. Siksi ilmaston muuttuminen vaikuttaa sekä eliölajeihin että kokonaisiin ekosysteemeihin. Lämpeneminen vaikuttaa kuitenkin hyvin eri tavoin eri kasvillisuusvyöhykkeisiin ja lajeihin. Se vähentää monimuotoisuutta, koska suuri osa eliöistä ei kykene sopeutumaan nopeaan ilmastonmuutokseen.

On arvioitu, että ilmaston lämpenemisen vaikutuksesta kasvillisuusvyöhykkeiden eli biomien rajat siirtyvät kohti napa-alueita. Arktisten alueiden ikirouta sulaa, minkä seurauksena soiden turve alkaa lahota ja vapauttaa ilmaan hiilidioksidia ja metaania. Tundravyöhyke kaventuu, ja sen sopivat maa-alueet muuttuvat vähitellen metsäisiksi. Myös havumetsävyöhykkeen arvioidaan kaventuvan, koska lehtipuut menestyvät lämpenevässä ilmastossa havupuita paremmin. Kuivuvilla alueilla aavikoiden uskotaan laajenevan. Vuoristoissa kasvillisuusvyöhykkeiden ennustetaan hivuttautuvan ylöspäin.

Kasvillisuudessa onkin havaittu lukuisia muutoksia viime vuosikymmeninä. Suurin osa muutoksista on seurausta ilmaston lämpenemisestä. Yksi selvimmistä ilmastonmuutoksen merkeistä on kasvukauden pidentyminen, kasvukausi siis alkaa aiemmin ja loppuu myöhemmin kuin ennen. Kasvukaudella tarkoitetaan aikaa, jolloin kasvit kasvavat. Suomessa kasvukausi on ajanjakso, jona vuorokauden keskilämpötila on

Jääkarhun elinolot kaventuvat, kun tundra ja napajäätiköt vähenevät.

pysyvästi yli 5 °C. Se on tutkimusten mukaan pidentynyt koko lauhkealla ilmastovyöhykkeellä. Esimerkiksi Keski-Euroopassa kasvukausi on pidentynyt noin 11 päivää ja Suomessa noin 10 päivää vuosisadassa.

Ilmaston muuttuminen vaikuttaa myös maatalouden edellytyksiin. Kuivuvilla alueilla maanviljely kärsii veden puutteesta, minkä seurauksena laajalti viljelyssä olevien maissin, riisin ja vehnän sadot voivat pienentyä jopa viidenneksen nykyisestä. Vähitellen on siirryttävä paremmin kuivuutta sietävien kasvien viljelyyn. Sellaisia ovat muun muassa ohra, hirssi, maniokki, kassava, jotkin pavut sekä keittobanaani.

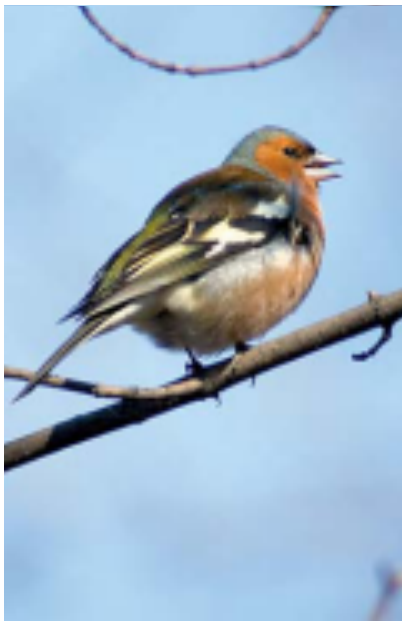
Pohjoisilla leveysasteilla kasvukausi pitenee ja jotkin maatalousalueet voivat muuttua nykyistä tuottavammiksi. Hiilidioksidipitoisuuden kasvaessa kasvien fotosynteesin teho paranee, niiden kasvu nopeutuu ja ravinteiden kulutus kasvaa. Veden ja ravinteiden riittävyys saattaa kuitenkin rajoittaa tällaista osittain edullistakin kasvun lisääntymistä. Lannoituksen voimakas lisääminen toisaalta lisää vesistöjen rehevöitymistä.

Lajien levinneisyysalueet muuttuvat

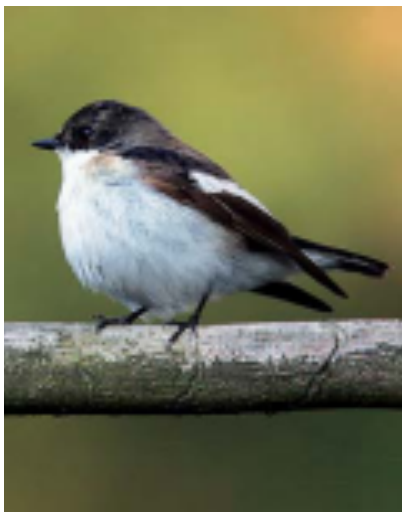
Linnut ja perhoset ovat liikkuvuutensa takia hyviä bioindikaattoreita tutkittaessa ilmastonmuutoksen vaikutuksia eläimiin. Muuttolintujen kevät- ja syysmuutosta on käytettävissä melko kattavia pitkäaikaisia seurantatietoja. Esimerkiksi Turun seudulla on kerätty järjestelmällisesti tietoja lintujen muutosta 1700-luvun puolivälistä saakka.

Uusimmissa tutkimuksissa on yhdistetty vanhoja ja uusia havaintotietoja, joiden perusteella on tehty päätelmiä lintujen muuttokäyttäytymisen muutoksista ilmaston lämmetessä. Lähimuuttajat, kuten kuovi, näyttävät muuttokäyttäytymisessään reagoivan ilmastonmuutokseen herkemmin kuin kaukomuuttajat. Esimerkiksi peippo ja kuovi saapuvat Suomeen keskimäärin 7–8 päivää aiemmin kuin 1900-luvun alussa. Muuton aikaistuminen on jopa kiihtynyt kolmenkymmenen viime vuoden aikana.

Keittobanaania käytetään ruuanlaitossa kuten perunaa. Kuivuvilla ilmastoalueilla sillä voi olla ravintokasvina yhä suurempi merkitys. Kuvan panamalainen nainen valmistaa keittobanaaneja turisteille myytäviksi.



Lämpötilan nousu merkitsee yleensä keväiden aikaistumista. Se taas vaikuttaa sekä Suomessa talvehtiviin että Suomeen muuttaviin lintulajeihin. Esimerkiksi peipon kevätmuutto on aikaistunut yli viikolla 20 vuoden aikana. Peippo on lähimuuttaja, joka talvehtii Keski-Euroopassa ja Itämeren etelälaidalla. Sen ravinto on monipuolista, ja siksi se voi yrittää lauhoina talvina talvehtia Suomessa tai aloittaa kevätmuuton olojen salliessa jo maaliskuussa.



Kirjosiepon muuttoa säätelee sisäinen kello, siis käytännössä geenit. Siksi sen muuttoaikataulussa on ilmennyt vain pieniä muutoksia. Kirjosiepon saapuessa Suomeen toukokuun alkupuolella hyönteisravintoa on jo tarjolla. Toisaalta joidenkin tiaisten pesintä on saattanut jo alkaa, mistä seuraa pesintää haittaavaa kilpailua ja pulaa pesäpöntöistä.

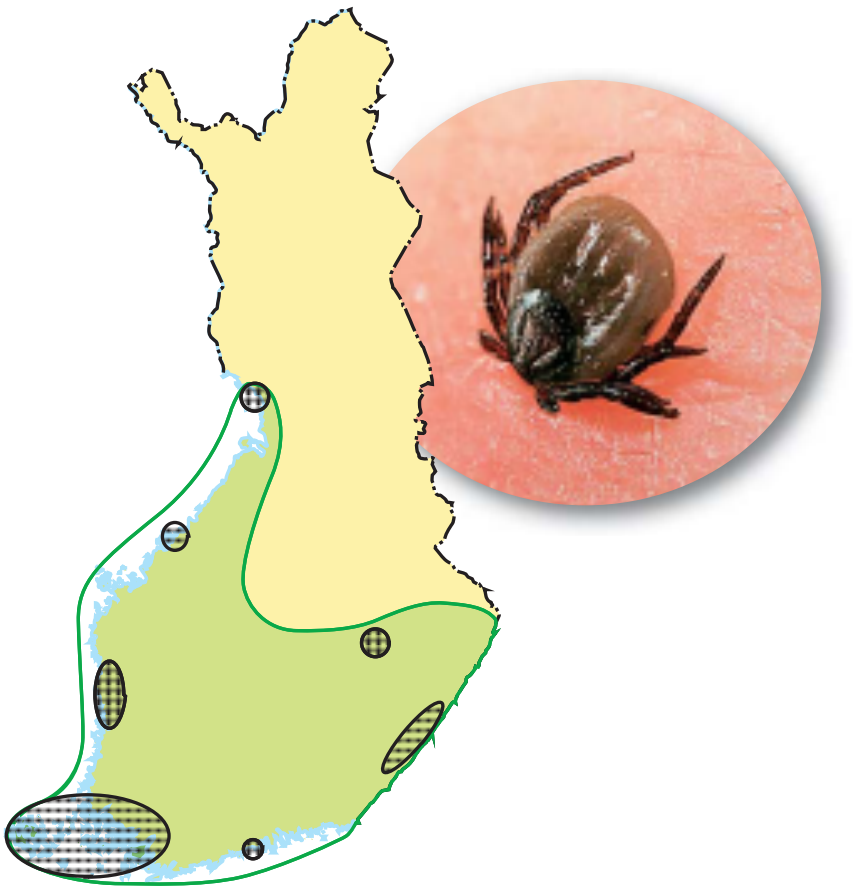
Ilmastonmuutoksen vaikutusta lintujen pesintään on Suomessa tutkittu varsin vähän. Tutkimukset muualta Euroopasta viittaavat siihen, että lintujen pesinnän aloittaminen on aikaistunut. Ilmiö johtuu kasvukauden pitenemisestä ja kevätkauden lämpötilojen noususta. Kun kasvukauden alkaminen aikaistuu, erityisesti hyönteissyöjille on tarjolla ravintoa entistä aiemmin. Aikaisin saapuvat linnut pystyvät valtaamaan parhaimmat pesintäpaikat, tuottavat enemmän terveitä poikasia ja menestyvät paremmin kilpailussa.

Kilpisjärvellä on tutkittu kirjosieppoja jo 20 vuoden ajan. Tutkimustulosten mukaan munien koko on tutkimusjakson aikana kasvanut, joten syntyvät poikaset ovat suurempia ja vahvempia. Tämän seurauksena kirjosieppokanta on kasvanut. Munien koon kasvun arvioidaan johtuvan siitä, että lämpenevässä ilmastossa naaraiden elintoimintoihinsa tarvitseman energian määrä on vähäisempi ja siten energiaa säästyy munien tuottoon.

Kevätmuuton, pesinnän ja levinneisyyden muutosten tutkiminen ja tulosten tulkinta eivät ole yksiselitteisiä asioita. Vanhat ja uudet tiedot eivät aina ole yhtä tarkkoja, koska esimerkiksi lintutarkkailijoiden määrä on lisääntynyt paljon. Levinneisyyden muutokset voivat johtua myös elinympäristöjen muutoksista enemmän kuin varsinaisesti muuttuvasta ilmastosta. Esimerkiksi maataloudessa on tapahtunut valtava muutos viime vuosisadalla.

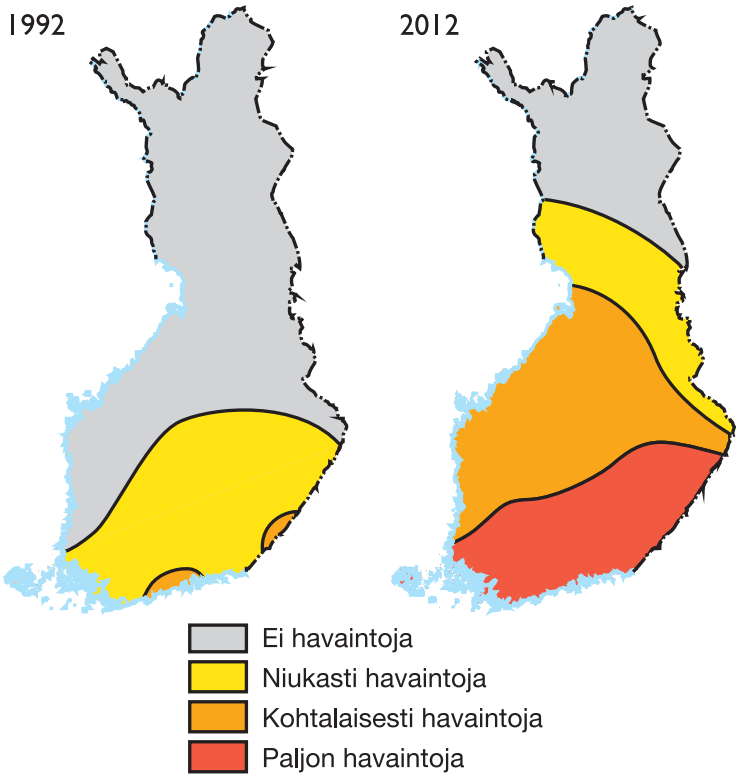
Perunarutto on perunan pahin tuholainen. Sen aiheuttaja on munasieniksi (Oomycetes) kutsuttuun eliöryhmään kuuluva mikrobi, joka hyötyy sateisista ja lämpimistä kesistä. Tauti on yleistynyt koko 2000-luvun ajan. Sen taltuttamiseksi on lisätty perunapeltojen ruiskutuksia ja kasvinsuojeluaineiden käyttöä.

Puutiaisen levinneisyys ja puutiaisaivokuumeen esiintyminen Suomessa



Suomessa puutiainen (punkki) on laajentanut levinneisyysaluettaan ilmaston lämmetessä. Levinneisyys ulottuu jo ainakin Kuusamon korkeudelle. Puutiaisten levittämät taudit, borrelioosi ja puutiaisaivokuume, ovat yleistyneet. Myös hirvikärpäsen kotelot talvehtivat paremmin, ja laji levittäytyy pohjoisemmaksi. Trooppisilla alueilla taas malarian levinneisyysalueen ennustetaan laajenevan Etelä-Eurooppaan.

Havainnot neitoperhosesta *(Nymphalis io)*



Neitoperhonen on levittäytynyt parissa vuosikymmenessä satoja kilometrejä pohjoisemmaksi.

Myös perhosten levinneisyyden pohjoisraja näyttää muuttuvan. Neitoperhonen on yksi niistä perhoslajeista, jotka ovat yleistyneet Suomessa ilmaston lämmetessä. Ilmaston lämpeneminen saattaakin aiheuttaa useiden hyönteislajien nopean leviämisen yhä pohjoisemmaksi. Suomen hyönteislajiston kannalta sekä vuoden keskilämpötilassa että talven minimilämpötiloissa tapahtuvat muutokset ovat merkittäviä. Jos Suomen keskilämpötila kohoaa ja talvet lauhtuvat, monet täällä vain satunnaisesti esiintyvät eteläiset lajit saattavat runsastua. Tämä voi muuttaa tuhohyönteisten esiintymistä. Esimerkiksi muualla Euroopassa paljon tuhoa aiheuttanut koloradonkuoriainen voisi yleistyä meilläkin.

Ilmastonmuutos vaikuttaa myös ravintoketjuihin. Jos hiiltä on ylen määrin tarjolla suhteessa muihin ravinteisiin ja erityisesti typpeen, hiilipitoiset yhdisteet lisääntyvät kasveissa ja typpipitoiset yhdisteet vastaavasti vähenevät. Tämä voi vaikuttaa ravintoketjuihin siten, että kasvinsyöjien typen saanti vaikeutuu. Esimerkiksi kasvinsyöjähyönteisten on todettu syövän 20–50 prosenttia enemmän laboratorio-oloissa, joissa on tutkittu ilmaston lämpenemisen ja hiilidioksidipitoisuuden kasvun vaikutuksia. Lisäksi eri kasvilajit reagoivat eri tavalla hiilidioksidin lisääntymiseen. Siksi useita kasvilajeja ravintonaan käyttävät hyönteiset voivat siirtyä käyttämään ravintonaan niitä lajeja, joissa ravinnon laadun heikkeneminen ei ole kovin voimakasta. Typen puutteen seurauksena hyönteisten kehitys hidastuu ja niiden toukkavaihe kestää kauemmin. Ongelmaksi voi koitua myös se, että hyönteistoukkien ja niiden ravintokasvien eriaikaisuus kasvaa. Joidenkin perhosten kannat romahtavat, kun sopivinta ravintokasvia ei olekaan saatavilla silloin, kun toukat sitä tarvitsevat.

Ilmaston lämpeneminen saattaa vaikuttaa epäedullisesti maa- ja metsätalouteen, sillä monet puita ja viljelykasveja vaurioittavat hyönteiset menestyvät paremmin lämpenevässä ilmastossa. Kuvan koloradonkuoriainen on perunan tuholainen. Se on vähitellen lisääntynyt myös Suomessa, erityisesti maan kaakkoisosassa.

Ilmaston lämpenemisen todennäköisiä vaikutuksia Suomen ekosysteemeihin

Metsät	• puiden kasvu nopeutuu • Etelä-Suomessa lehtipuiden osuus kasvaa ja kuusen vähenee • kuusi menestyy lehtipuita paremmin kosteilla mailla • mänty ja koivu yleistyvät kuivilla alueilla • jalot lehtipuut runsastuvat Lounais- ja Etelä-Suomessa • metsä- ja puuraja siirtyvät pohjoisemmaksi
Suot	• eteläiset suotyypit (kohosuot) levittäytyvät pohjoiseen • pohjoisten palsasoiden ikirouta sulaa • palsasoiden lajisto taantuu
Sisävedet	• pintavalunta ja rehevöityminen voimistuvat • rantojen kasvillisuus runsastuu • kasviplanktonin massaesiintymät runsastuvat ja aikaistuvat • kaloista kuha ja särkikalat runsastuvat; siika, nieriä ja taimen taantuvat
Itämeri	• Itämerellä talvehtivien lintujen määrät ja talvehtimisalueet kasvavat (telkkä, koskelot) • jääpeitteestä riippuvaiset lajit (halli, norppa) taantuvat • makeanveden lajit (särkikalat) hyötyvät ja murtovesi- ja merilajit (turska, silakka) kärsivät • pohjaeliöstö hyötyy suolaisuuden harppauskerroksen siirtymisestä syvemmälle • avainlajien (rakkolevä, meriajokas, sinisimpukka) taantuessa lajimonimuotoisuus vähenee • valunnan lisääntyessä rehevöityminen voimistuu ja monet rihmalevät runsastuvat • monet planktonlevät ja syanobakteerit runsastuvat • rantakasvillisuus runsastuu (järviruoko) • uusia vieraslajeja vakiintuu (vaeltajasimpukka, hopearuutana)
Tunturit	• tunturipaljakka eli puuton alue katoaa lähes kokonaan metsärajan noustessa ylemmäksi • tunturikoivikot voivat runsastua paljakoiden kadotessa • metsälajit runsastuvat ja levittäytyvät • kettu on jo syrjäyttänyt naalin • kiiruna, tunturikihu, keräkurmitsa ja pulmunen taantuvat
Ekosysteemi-palvelut (= luonnon ihmiselle tarjoamia palveluja)	• perustuotanto ja hajotus nopeutuvat, joskin veden puute voi olla rajoittava tekijä • monet tuhoeläinten määrää vähentävät lajit taantuvat • eriaikaisuus kasvaa pölyttäjähyönteisten ja kasvien kukinnan sekä hyönteistoukkien ja niitä syövien lintujen pesinnän välillä • kasvien ja niiden siemeniä levittävien lintujen ja nisäkkäiden levinneisyysalueet saattavat eriytyä

Avustettu leviäminen saattaa pelastaa kasvilajeja, jotka ovat uhanalaisia ilmastonmuutoksen vuoksi

Kasvilajien nykyiset levinneisyysalueet ovat suoraan tai epäsuorasti ilmaston määräämiä. Ilmasto kuitenkin lämpenee nopeammin kuin kasvit pystyvät itse leviämään. Voitaisiinko jokin laji pelastaa siirtämällä sen yksilöitä tai populaatioita ilmastollisesti suotuisalle alueelle, kun alkuperäisen alueen ilmasto on muuttunut epäsuotuisaksi?

Asiaa on tutkittu Luonnontieteellisessä keskusmuseossa. Yhdeksi tutkimuskohteeksi on valittu ruijanesikko (*Primula nutans ssp. finnmarchica var. jokelae*). Laji on arktinen merenrantakasvi, mutta menestyy myös Perämeren rannoilla. Koetta varten on syyskuussa 2011 perustettu samanlaiset viljelykoealat Helsinkiin, Ouluun ja Pohjois-Norjaan. Jos esikko näyttää hyötyvän Helsingin lämpimämmästä ilmastosta, kannattaa suojella nykyisiä Perämeren rantojen esiintymiä. Jos lämpimämpi ilmasto taas näyttää heikentävän elinkykyä, on harkittava lajin siirtämistä nykyistä pohjoisemmaksi, jotta laji säilyisi.

Avustettu leviäminen voi olla jonkin lajin pelastus. Saattaa kuitenkin käydä myös niin, että laji muuttuu haitalliseksi vieraslajiksi uudella alueellaan ja alkaa syrjäyttää muita lajeja. Tämän vuoksi huolellinen tutkimus on välttämätöntä.

ruijanesikko

Voidaanko ilmastonmuutosta enää hillitä?

Vaikka tutkijat eivät pysty varmasti ennakoimaan ilmastonmuutoksen etenemistä ja seurauksia, on tosiasia, että ihminen on lisännyt ilmakehän kasvihuonekaasujen määrää. Tästä johtuvaa ilmastonmuutosta tuskin voidaan pysäyttää, mutta sitä voidaan hidastaa kahdella eri tavalla: ensinnäkin vähentämällä kasvihuonekaasupäästöjä ja toiseksi lisäämällä hiilidioksidin sitoutumista.

Kasvihuonekaasujen päästöjä rajoitetaan kansainvälisillä sopimuksilla. Niistä merkittävin on niin sanottu Kioton pöytäkirja, jonka mukaan valtiot sitoutuvat vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään. Ongelmana on ollut, miten saada sopimukseen mukaan merkittäviä päästöjä aiheuttavia maita, kuten Yhdysvallat. On myös katsottu, että päästörajoitukset eivät ole läheskään riittäviä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Päästöt todennäköisesti lisääntyvät vielä vuosikymmeniä, ja osa niistä myös säilyy ilmakehässä pitkään. Tehokkain keino kasvihuonekaasujen päästöjen pienentämiseen on energiankulutuksen vähentäminen ja fossiilisten polttoaineiden korvaaminen muilla energiamuodoilla.

Kiina nostaa huimasti elintasoaan ja kiihdyttää sähkön tuotantoa polttamalla valtavia määriä kivihiiltä. Tämä on tietenkin turmiollista ilmastonmuutoksen kannalta. Toisaalta Kiina on myös uusiutuvien energiamuotojen, kuten auringon energian, hyödyntämiseen liittyvän teknologian johtava kehittäjä ja tuottaja.

Toinen keino torjua ilmastonmuusta on hiilinielujen lisääminen. Hiilinielut voivat tasoittaa ihmisen aiheuttamia muutoksia hiilen kierrossa. Tärkeimpiä hiilinieluja ovat meret sekä mannerten kasvillisuus, kuten metsät ja suot. Meriveteen liukenee nykyisten laskelmien mukaan enemmän hiilidioksidia kuin se luovuttaa ilmakehään. Kasvillisuus sitoo hiilidioksidia yhteyttäessään, ja nykyisen arvion mukaan pohjoisten ja lauhkeiden vyöhykkeiden metsät ovat merkittävä hiilinielu. Sen takia metsän uudelleen istuttaminen hakkuiden jälkeen on tärkeää. Jääkauden jälkeen pohjoisen havumetsävyöhykkeen metsät ja suot ovat sitoneet suuret määrät hiiltä. Soihin kertyy biomassaa hitaasti hajoaviksi turvekerrostumiksi. Ilmakehän hiilidioksidin pitoisuuden kasvu on kuitenkin ollut viimeisen sadan vuoden aikana niin nopeaa, etteivät hiilinielut ole kyenneet sitomaan lisääntyvää hiilimäärää.

Ilmastonmuutos on ihmiskunnan suurimpia haasteita. Vaikka kasvihuonekaasupäästöt loppuisivat nyt, monet kasvihuonekaasut lämmittävät ilmakehää vielä pitkään. Siksi on järkevää varautua muuttuvaan ilmastoon. Esimerkiksi Suomessa koetaan tulevaisuudessa merkittäviä muutoksia maa- ja metsätaloudessa. Uudenlaista metsän käsittelyä sekä uusien viljelykasvien, kuten vaikkapa maissin, käyttöä on tutkittava ja kehitettävä ajoissa. Sekä pelloilla että metsissä joudutaan ratkomaan monia tuholaisongelmia. Uusiutuvien energiamuotojen käyttöä on kehitettävä. Myös rakentamisessa tarvitaan muutoksia, joiden avulla lisätään energiatehokkuutta hyödyntämällä auringon suoraa säteilyä ja maalämpöä. Rakentamalla mahdollisimman paljon puusta sidotaan suuria määriä hiiltä pitkäksi ajaksi.

Kaikkien päättäjien ja kansalaisten tietoa ilmastonmuutoksesta on lisättävä. Elämäntapamme ja kulutuksemme aiheuttaa sekä suoraan että välillisesti hiilipäästöjä. Erityisesti yksityisautoilu ja lentomatkailu lisäävät päästöjä suuresti. Päästöjen määrää voidaan kuvata niin sanotulla hiilijalanjäljellä, joka mittaa esimerkiksi henkilöä kohti laskettuja hiilidioksidipäästöjä.

Vanhoihin metsiin ja soihin on sitoutunut paljon hiiltä. Suot muodostavat pohjoisella pallonpuoliskolla tärkeän hiilen varaston, koska osa kuolleesta kasvimassasta joutuu hapettomiin olosuhteisiin pohjaveden alle, jolloin aerobinen hajotus lakkaa. Toisaalta anaerobinen hajotus tuottaa toista kasvihuonekaasua, metaania. Aerobisen ja anaerobisen hajotuksen suhde on tärkeä, kun tarkastellaan soita hiilinieluina. Jos esimerkiksi ilmaston lämmetessä ja haihdunnan lisääntyessä pohjaveden pinta laskee, suo voi muuttua hiilinielusta hiilen lähteeksi.

TEHTÄVÄT

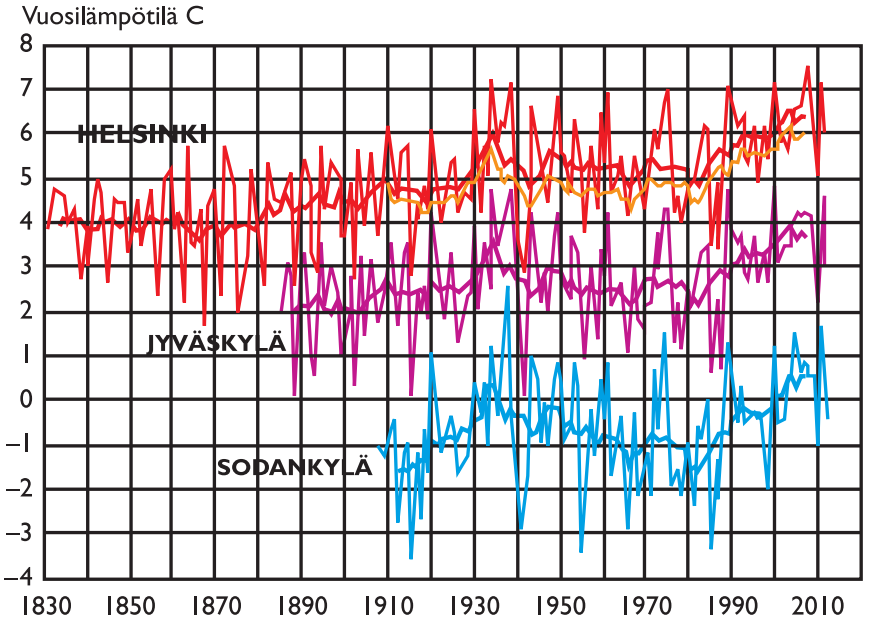
1. Kasvihuonekaasut

a. Mitä ovat kasvihuonekaasut?
b. Miten niitä joutuu ilmakehään?
c. Miksi polttopuiden palaessa vapautuva hiilidioksidi ei ole ilmastonmuutoksen kannalta niin haitallista kuin kivihiilestä peräisin oleva hiilidioksidi?

2. Lämpeneekö ilmasto?

Tarkastele oheista diagrammia, jossa on vuosikeskilämpötilat Helsingin keskustasta, Jyväskylästä ja Sodankylästä. Ohut viiva kuvaa vuotuisia tuloksia ja paksu viiva kymmenen vuoden liukuvaa keskiarvoa. Oranssi viiva Helsingin kohdalla on arvio lämpötiloista ilman kaupungin voimakkaan kasvun vaikutusta.

a. Mitä voit havaita lämpötilojen kehityksestä?
b. Voiko aineiston perusteella tehdä päätelmiä ilmaston lämpenemisestä?
c. Miten ja miksi kaupunkiympäristö vaikuttaa lämpötilaan?



3. Ilmastonmuutoksesta on erilaisia näkemyksiä

tt

Etsi sanomalehdistä, tiedelehdistä ja internetistä ilmastonmuutosta käsitteleviä tutkimuksia tai artikkeleita. Valitse niistä yksi. Tee selvitys, jossa käsittelet ainakin seuraavia asioita: Mitä on tutkittu ja miten? Mitä tuloksia on saatu? Miten luotettavina pidät tuloksia omien tietojesi pohjalta?

4. Kioton pöytäkirja

Ota selville, mitä tarkoittaa Kioton sopimus eli Kioton pöytäkirja.

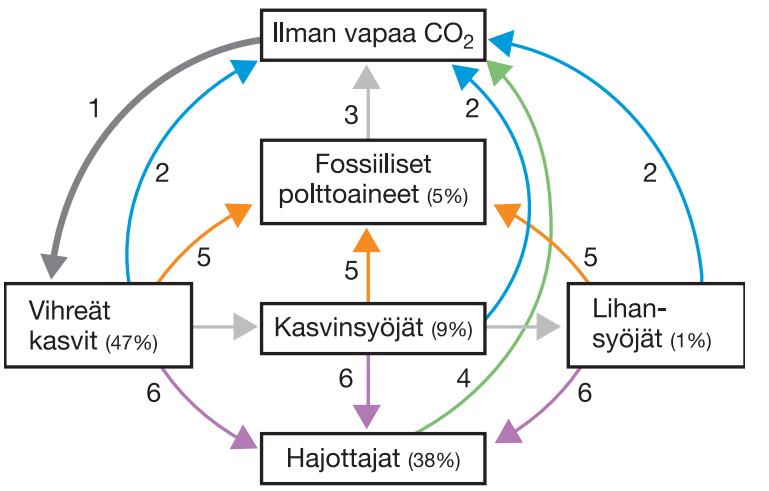
a. Mitä siinä on sovittu?
b. Mitkä valtiot ovat hyväksyneet ja saattaneet voimaan eli ratifioineet sopimuksen?
c. Miksi yksimielisyyden saavuttaminen on ollut vaikeaa erityisesti teollisuusmaiden ja kehittyvien maiden välillä?
d. Mikä olisi mielestäsi kestävän kehityksen mukainen ratkaisu ongelmaan niin ekologiselta, taloudelliselta kuin sosiaaliselta kannalta?

5. Hiilen kiertokulun pääpiirteet

yo k-06

Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvusta ollaan maailmanlaajuisesti huolestuneita. Oheinen kaavio esittää hiilen kiertokulun pääpiirteet maaekosysteemissä. Nuolten paksuus kertoo viitteellisesti ilmiön suhteellisesta voimakkuudesta, prosenttiluvut orgaanisen hiilen suhteellisesta osuudesta ekosysteemissä.

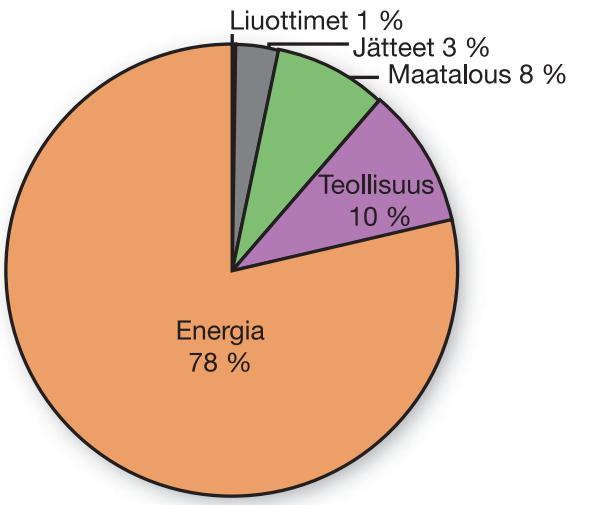
a. Selvitä perustellen, mistä ilmakehän hiilidioksidipitoisuuteen vaikuttavista tapahtumista on kyse numeroitujen (1 – 6) nuolten kohdalla. (3 p)
b. Mitä ekologisia seurausvaikutuksia ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvulla todennäköisesti on? Perustele näkemyksesi. (4 p)
c. Arvioi kahden erilaisen maa-alueen merkitystä ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvun kannalta: toinen on tehoviljelyssä olevaa peltomaata, toinen luonnontilaista suota. (2 p)



6. Maapallon hiilitase

a. Mistä aiheutuu maassamme eniten kasvihuonekaasupäästöjä?
b. Mitä merkitsee käsite hiilinielu?
c. Mikä on maamme tärkein hiilinielu, ja kuinka suuri se on verrattuna kasvihuonekaasupäästöihin vuonna 2008?
d. Miten metsien ilmasta sitoman hiilen määrä on kehittynyt vuoden 1990 jälkeen? Piirrä diagrammi. Mistä muutos voisi johtua?
e. Miten metsien kyky sitoa hiiltä muuttuu niiden vanhetessa?
f. Millä eri tavoilla hiilinieluja voitaisiin kehittää taulukon perusteella?

Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2008
(noin 70 miljoonaa tonnia hiilidioksidiksi muunnettuna)



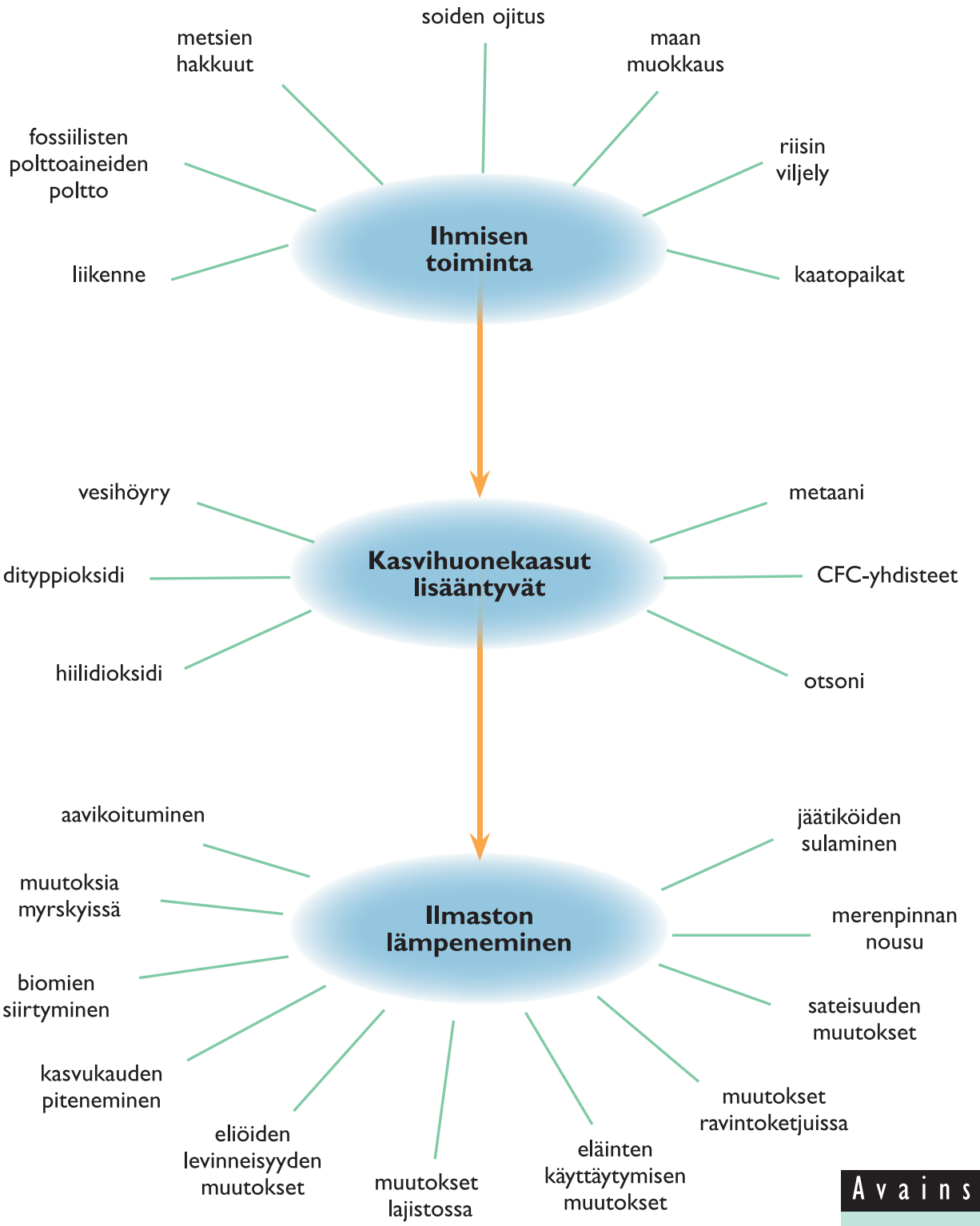
Metsiin ja maankäyttöön liittyviä kasvihuonekaasupäästöjä ja -poistumia 1990–2008 (+ tarkoittaa päästöä, - poistumaa)

Vuosi	Metsämaa	Viljelysmaa	Ruohikkoalueet	Turvetuotantokentät	Puutuotteet	Yhteensä
1990	-21,75	5,78	-0,26	1,01	-0,95	-15,99
1991	-35,77	5,15	-0,25	1,03	0,31	-29,53
1992	-28,21	4,93	-0,24	1,07	-0,22	-22,67
1993	-26,13	5,16	-0,23	1,09	-0,09	-20,21
1994	-18,01	5,11	-0,22	1,12	-0,76	-12,75
1995	-19,49	5,39	-0,22	1,14	-0,87	-14,06
1996	-29,28	5,39	-0,21	1,17	-1,05	-23,98
1997	-24,60	5,46	-0,21	1,20	-2,12	-20,27
1998	-23,06	5,36	-0,21	1,24	-1,77	-18,44
1999	-25,66	5,29	-0,19	1,26	-2,04	-21,34
2000	-27,67	5,24	-0,17	1,28	-1,27	-22,59
2001	-32,38	5,30	-0,16	1,28	-0,31	-26,27
2002	-32,89	5,33	-0,13	1,26	-0,44	-26,87
2003	-32,87	5,15	-0,11	1,27	-0,89	-27,44
2004	-34,55	5,21	-0,08	1,33	-0,83	-28,92
2005	-39,02	5,28	-0,05	1,31	-0,34	-32,82
2006	-44,08	5,38	-0,03	1,31	-0,45	-37,85
2007	-36,10	5,35	0,00	1,31	-1,21	-30,65
2008	-41,93	5,32	0,00	1,31	-0,09	-35,39

Lähde: FMI ilmasto-opas

Yhteenveto

Ihmisen toiminta muuttaa ilmastoa



Avainsanat

fossiiliset polttoaineet
hiilijalanjälki
hiilinielu
ilmastonmuutos
kasvihuoneilmiö
kasvihuonekaasut
lämpösäteily

6.

Liiallinen typpi ja fosfori aiheuttavat rehevöitymistä vesiekosysteemeissä

Tyypillinen näky Itämerellä lämpiminä kesinä ovat syanobakteerien seassa uivat vesilinnut tai syanobakteerilautassa etenevä vene. Syanobakteerit kuuluvat Itämeren eliölajistoon, mutta niiden määrä on lisääntynyt räjähdysmäisesti rehevöittävien ravinteiden runsastuessa. Saariston asukkaat huomaavat Itämeren rehevöitymisen myös limaisina rantakallioina ja kalaverkkoina sekä sameana vetenä.

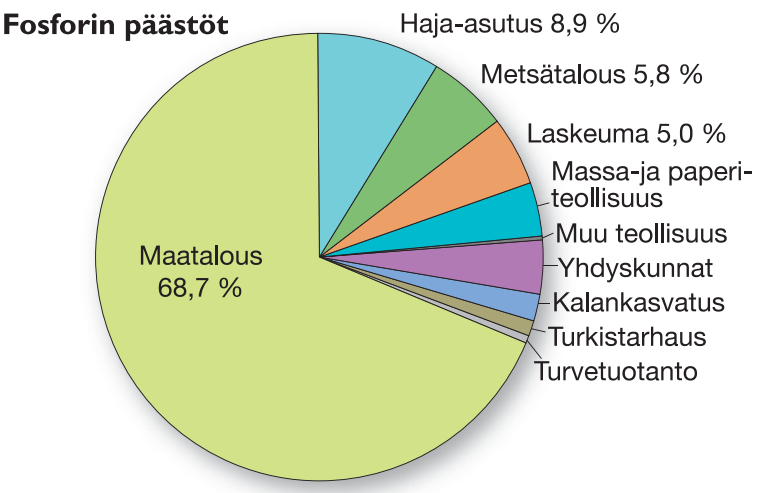
Typpi ja fosfori ovat peräisin haja- ja pistekuormituksesta

Ihminen vaikuttaa aineiden kiertoon siirtämällä aineita paikasta toiseen. Maataloudella on huomattava vaikutus typen ja fosforin kiertoihin. Kun sato korjataan pellolta, siirtyvät kasvien sisältämät typpi- ja fosforiyhdisteet samalla pois aineiden kierrosta. Ravinteet eivät palaudu takaisin viljelykasvien käyttöön. Näin pellon maaperä köyhtyy, ja tuottavuuden parantamiseksi pellolle lisätään keinolannoitteita.

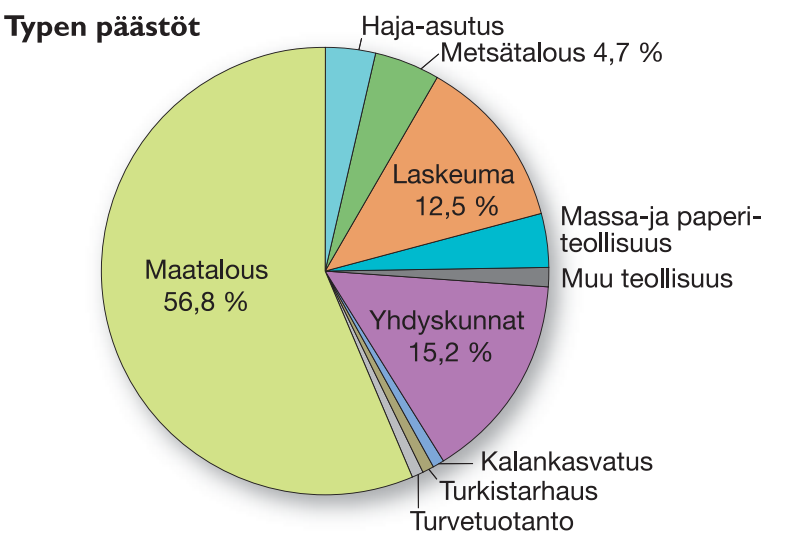
Ravinteita joutuu vesistöihin monella tapaa. Nykyisin Suomessa maatalous kuormittaa vesistöjä eniten, koska osa maataloudessa käytetyistä keinolannoitteista tai pelloille levitetystä lannasta päätyy valumavesien mukana ravinteiksi sisävesiin tai meriin. Maatalouden aiheuttama kuormitus on hajakuormitusta, koska ravinteet valuvat vesistöihin useista pienistä lähteistä. Muita hajakuormittajia ovat metsätalous ja ilman kautta tuleva kaukokulkeuma, joka on peräisin pääasiassa fossiilisten polttoaineiden polttamisesta. Lisäksi huomattava osa suomalaisista asuu joko pysyvästi tai lomaaikoinaan viemäriverkoston ulkopuolella.

Metsätalouden osuus vesistöjen kuormittajana on vähäinen, mutta se saattaa olla paikallisesti merkittävä. Vesistöjen tilan kannalta paras vaihtoehto olisi, jos valuma-alueella kasvaisi metsää, koska kasvillisuus pidättää ravinteita tehokkaasti maaperässä. Metsänhoito, kuten ojitukset, muokkaukset, hakkuut ja lannoitukset, kuormittavat vesistöjä. Myös valuma-alueen luontainen ravinteiden huuhtoutuminen on hajakuormitusta. Hajakuormituksen määrää ei voi tarkasti selvittää, vaan sen suuruus arvioidaan esimerkiksi peltojen pinta-alan, viljelykasvien ja metsänhoitotoimien avulla.

Pistekuormitukseksi sanotaan sellaisia päästöjä, jotka voidaan selkeästi paikallistaa. Pistemäisiä kuormittajia ovat esimerkiksi jätevedenpuhdistamot, tehtaat, voimalat, sikalat ja kalanviljelylaitokset. Niiden päästöille voidaan asettaa tietyt enimmäisraja-arvot, joiden toteutumista valvotaan.



Eri päästölähteiden osuus vesistöjen fosforikuormituksesta vuonna 2011. Lähde: Suomen ympäristökeskus



Eri päästölähteiden osuus vesistöjen typpikuormituksesta vuonna 2011. Lähde: Suomen ympäristökeskus

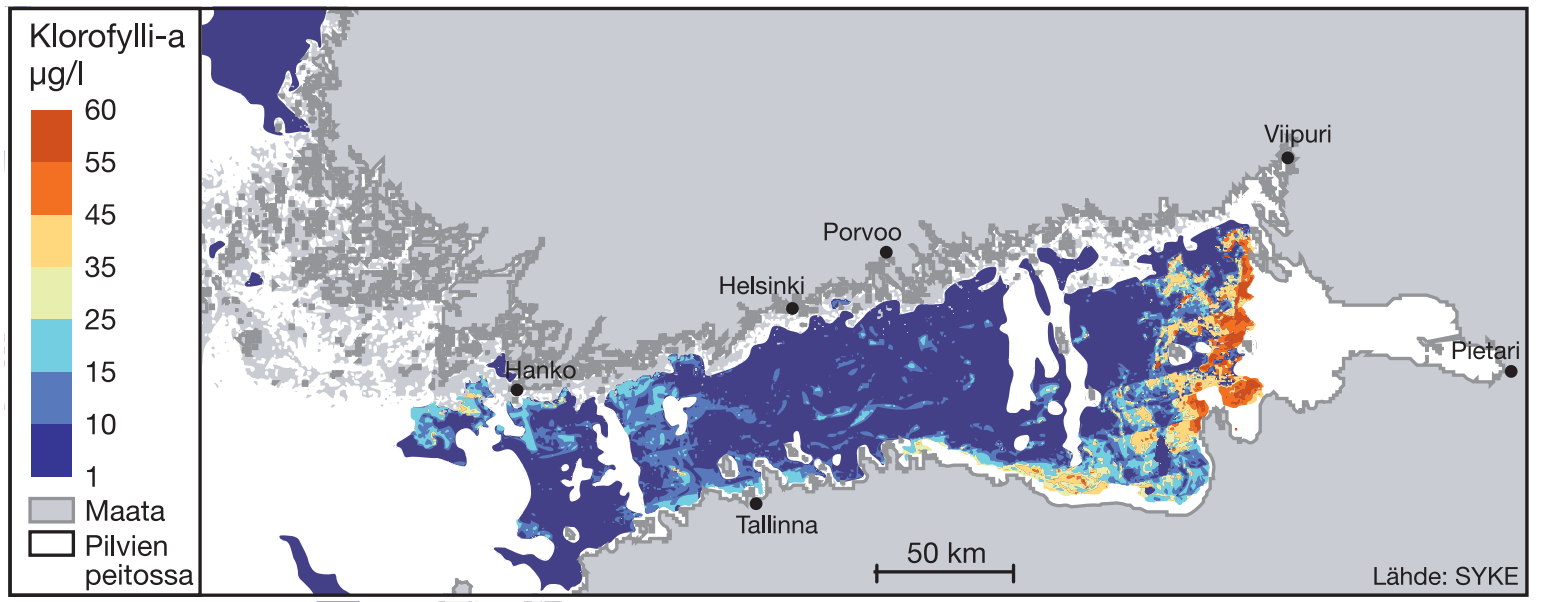
Kirjolohta kasvatetaan Itämerellä eniten Saaristomeren alueella. Kalankasvatus aiheuttaa typen ja fosforin pistekuormitusta. Rehun laadun ja määrän muutoksilla ravinnepäästöjä on saatu pienennettyä. Tuotanto on kuitenkin jatkuvasti lisääntynyt, joten kalankasvatuksen aiheuttama kokonaiskuormitus on viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana jatkuvasti kasvanut.

Rehevöityminen näkyy monin tavoin vesiekosysteemissä

Vesistöissä, kuten muuallakin, tuottajat tarvitsevat valoa, lämpöä, hiilidioksidia ja ravinteita kasvaakseen. Tärkein perustuotantoa rajoittava tekijä on yleensä valo. Kun valoa on riittävästi, kasvien ja levien tuotanto riippuu ravinteiden, erityisesti typen ja fosforin, saatavuudesta. Jos ravinteita tulee vesistöön enemmän kuin aikaisemmin, kasvien ja levien määrä lisääntyy ja seurauksena on rehevöityminen eli perustuotannon lisääntyminen. Rehevöityminen voi alkuvaiheessa olla jopa myönteinen asia, koska kasvien ja levien tuotannon kasvaessa myös eläinten määrä kasvaa. Vesistöstä tulee esimerkiksi kalaisampi, minkä seurauksena myös kaloja syövien lintujen määrä lisääntyy.

Jonkin ajan kuluttua jokainen rannoilla ja vesillä liikkuja voi kuitenkin huomata rehevöitymisen haittavaikutuksia. Niitä ovat esimerkiksi levien ja syanobakteerien määrän huomattava lisääntyminen, veden samentuminen, järviruokokasvustojen tiheneminen ja laajeneminen, levien aiheuttama rantakivien, kalanpyydysten ja laitureiden limoittuminen, veden paha haju ja pahimmassa tapauksessa kalakuolemat.

Klorofylli-a:n pitoisuus Suomenlahdella elokuussa 2012



Vesistön rehevöitymis-astetta voidaan tutkia monien biologisten ja kemiallisten menetelmien avulla. Satelliittikuvista mitataan päivittäin koko Itämeren alueelta veden a-klorofyllipitoisuus, joka kertoo kasviplanktonin määrästä. Lisäksi Suomen ympäristökeskus seuraa sisävesien ja Itämeren syanobakteeritilaa kesän aikana viikoittain noin 320 havainto-pisteessä. Jos syanobakteereja on runsaasti, vedestä otetaan näytteitä lajimäärityksiä varten.

Limoittuminen on merkki veden rehevöitymisestä ja levämäärän kasvusta.

Rehevöityminen voi johtaa happikatoon

Kun vesistöön tulee lisää ravinteita, planktonin lisääntyminen kiihtyy. Planktonilla tarkoitetaan mikroskooppisen pieniä eliöitä, jotka ajelehtivat vapaasti veden pintakerroksessa. Plankton jaetaan kasvi- ja eläinplanktoniin. Kasviplanktoniin kuuluvat mikroskooppiset levät ja syanobakteerit, jotka ovat tärkeitä tuottajia vesiekosysteemeissä. Varsinkin keväisin, kun valoa ja lämpöä on riittävästi, levien lisääntyminen voi olla räjähdysmäistä. Levien kasvu voi rehevöityneillä alueilla jatkua koko kesän ajan, ja lämpötilan noustessa se yleensä entisestään voimistuu. Loppukesällä syanobakteerien massaesiintymät ovat yleisiä, koska levät ovat siihen mennessä kuluttaneet pintaveden typpivarastot loppuun. Syanobakteerit saavat silloin kilpailuedun, sillä ne voivat nousta kaasurakkuloidensa avulla pintaan ja pystyvät sitomaan ilmasta typpikaasua. Osa niistä tuottaa myrkkyjä veteen, mikä heikentää veden laatua edelleen. Syanobakteereja esiintyy runsaasti tyyninä ja aurinkoisina kesinä.

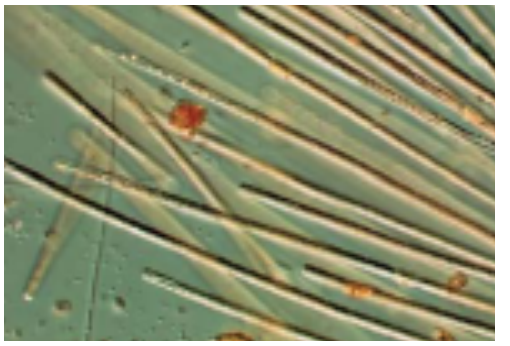
Runsastuneet planktoneliöt ja muut eliöt vajoavat kuoltuaan veden pohjaan hajotettaviksi. Tämän seurauksena hajottajien toiminta kiihtyy ja ne kuluttavat happea enemmän kuin ennen. Pahimmassa tapauksessa happi loppuu vedestä kokonaan, mistä voi seurata esimerkiksi kalakuolemia. Hapen loputtua aerobiset hajottajabakteerit kuolevat ja anaerobiset mädättäjäbakteerit yleistyvät. Niiden toiminnan tuloksena hapettomiin pohjiin muodostuu rikkivetyä (H_2S). Rikkivety on myrkyllistä pohjalla eläville eläimille, joten ne häviävät alueelta.

Pohjan hapettomuuden seurauksena pohjalietteeseen sitoutunut fosfori alkaa liueta takaisin veteen ja rehevöityminen kiihtyy. Ilmiötä kutsutaan sisäiseksi kuormitukseksi. Fosforin liukeneminen takaisin veteen loppuu vasta sitten, kun hapen määrä vedessä lisääntyy.

Kuntien terveysviranomaiset seuraavat veden laatua yleisillä uimarannoilla. Vedestä mitataan suolistoperäisten bakteerien määrä ja havainnoidaan syanobakteerien esiintymistä. Jos uimaveden koli- ja syanobakteerien määrä on suuri, uimaranta pitää sulkea terveydellisistä syistä.

Anabaena sp.

Aphanizomenon sp.



Nodularia sp.

Muutamat syanobakteerien suvut voi erottaa toisistaan melko helposti mikroskoopilla. Osa Anabaena-suvusta muodostaa vyyhtimäisiä yhdyskuntia, jotka näkyvät vedessä vihertävinä hiutaleina. Aphanizomenon-rihmat kasvavat kimppuina, jotka näkyvät vedessä tummanvihreinä, molemmista päistään terävinä tikkuina. Murtovedessä Nodularia-suvun rihmat muodostavat löyhiä keriä, jotka näkyvät vedessä kellanvihreinä, nöyhtämäisinä hiutaleina. Nodularia-suvun esiintymät muistuttavat ulkonäöltään alkukesän siitepölykasaumia.

Syanobakteerit lisääntyvät rehevöityvissä vesissä

Syanobakteerit ovat maapallon vanhimpia eliöitä ja luonnollinen osa vesien eliöstöä. Suomen vesiekosysteemeissä esiintyy noin sata syanobakteerilajia. Tosin niiden todellisen lajilukumäärän arvioiminen on vaikeaa. Syanobakteerit tuottavat kasvien ja levien tavoin yhteyttäessään happea. Sinivihreän värinsä ne saavat solussa vallitsevina olevista väriaineista. Syanobakteerien sisällä on kaasurakkuloita, jotka helpottavat bakteerien keijumista vedessä. Ne viihtyvät ravinteikkaassa, lämpimässä vedessä, mutta niitä tavataan myös vähäravinteisissa vesissä. Syanobakteereilla on kestosoluja eli leposoluja, jotka ovat paksuseinäisempiä kuin kasvulliset solut. Niiden avulla syanobakteerit selviävät epäsuotuisan kauden yli.

Itämeressä massaesiintymiä muodostavat *Nodularia spumigena* ja *Aphanizomenon sp.* Niiden lisääntymistä suosivat lämmin vesi ja meren pintakerroksiin syvemmältä kumpuava fosforipitoinen vesi, josta ne sitovat nopeasti tarvitsemansa fosforin. Fosforin määrä vaikuttaa syanobakteerien esiintymiseen, sillä typpeä ne pystyvät itse sitomaan ilmakehästä.

Samallakin syanobakteerilajilla voi olla sekä myrkyllisiä että myrkyttömiä kantoja. Myrkylliset kannat tuottavat ihoa ärsyttäviä yhdisteitä sekä hermo- ja maksamyrkkyjä. Myrkyllisyys voidaan todeta luotettavasti vain laboratoriokokeissa. Siksi massaesiintymiin tulee aina suhtautua ikään kuin ne olisivat myrkyllisiä. Syanobakteerien valtaamassa vedessä ei saa uida, eikä sitä saa käyttää talous- tai saunavetenä. Kotieläinten, kuten koirien, ei tule antaa juoda syanobakteeripitoista vettä, koska se voi johtaa eläimen kuolemaan.

Syanobakteerien myrkyllisyyttä tutkitaan vasta-ainetesteillä tai vertaamalla näytteen DNA:ta tunnettujen myrkyllisten kantojen vastaaviin DNA-jaksoihin. Tämä tutkimusmenetelmä on kehitetty Suomessa. Nykyään tutkitaan, voisiko esimerkiksi lääketeollisuus hyödyntää syanobakteerien myrkkyjä jotenkin.

Rehevöityminen on Itämeren pahin ympäristöongelma

Suurin Itämerta rehevöittävä tekijä on maatalous. Itämeren valuma-alueella sijaitsee 14 valtiota, joissa on asukkaita yhteensä noin 90 miljoonaa. Valuma-alueen eteläosat ovat tiheästi asuttuja, voimakkaasti teollistuneita alueita, joissa harjoitetaan tehokasta maataloutta. Maatalouden ravinnepäästöjä on vaikea hallita viljelyalueiden hajanaisuuden vuoksi. Itämeren valuma-alueen valtioiden liikenneverkko on yksi maailman tiheimmistä. Liikenteen päästöt tuottavat ilmakehään typpeä, josta huomattava osa joutuu laskeumana veteen ravinteiksi. Lisäksi typpeä ja fosforia

Itämeren valuma-alue

päätyy Itämereen kaukokulkeumana valuma-alueen ulkopuolelta.

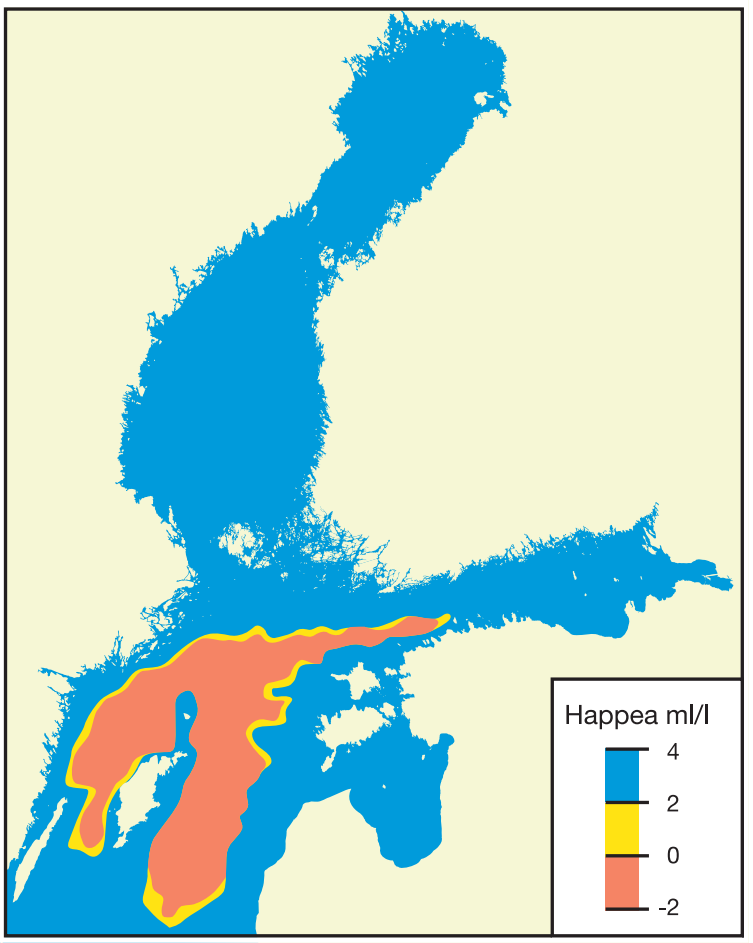
Itämereen laskee satoja jokia, joiden mukana kulkeutuu runsaasti rehevöittäviä ravinteita. Ne ovat lähtöisin valuma-alueen luonnonhuuhtoumasta, kuten metsistä ja soilta, sekä ihmisten aiheuttamasta haja- ja pistekuormituksesta. Esimerkiksi Suomenlahteen päätyy jokia pitkin paljon fosforia Venäjän ja Puolan rannikkoalueiden lannoitetehtailta ja suurkanaloista.

Osa jokien tuomista ravinteista jää Itämeren rantavesiin, osa taas päätyy avomerelle, ja rehevöityminen voikin näkyä myös kaukana ulapalla. Jokien tuomat typpi- ja fosforiravinteet ovat Itämereen joutuessaan yleensä leville ja kasveille käyttökelpoisina nitraatteina ja fosfaatteina. Itämereen tulevien ravinteiden määrä on suuri verrattuna sen vesimäärään.

Itämeressä veden typpipitoisuus on kaksinkertaistunut ja fosforipitoisuus viisinkertaistunut verrattuna 1940-lukuun. Ravinnepäästöt Itämereen ovat kuitenkin viime vuosina vähentyneet lähinnä teollisuuden ja asutuksen jätevesien puhdistuksen tehostuttua. Itämeren suojelukomission tavoitteena on saada Itämeren ekologinen tila palautumaan hyväksi vuoteen 2021 mennessä.

Jo tapahtuneesta kuormituksen vähentymisestä huolimatta Itämeren tila ei välttämättä heti parane, sillä sen sisäinen kuormitus jatkuu vielä. Itämeren syvänteisiin on syntynyt täysin hapettomia alueita, koska runsashappinen pintavesi ei pääse sekoittumaan pohjaveden kanssa. Ainoastaan silloin, kun Pohjanmerestä länsimyrskyjen seurauksena työntyy lisää hapekasta vettä Itämereen, syvänteiden hapen puute hellittää ja eliöt voivat asuttaa pohja-alueita uudelleen. Tätä Pohjanmerestä tulevaa suolaisen veden virtausta nimitetään suolavesipulssiksi.

Itämeren pohjan happitilanne vuonna 2012



Negatiivinen lukuarvo kuvaa rikkivetypitoisuutta. (Lähde: Itämeriportaali)

Jokien mereen laskemat vesi- ja ravinnemäärät vaihtelevat. Veden määrään vaikuttavat esimerkiksi vesi- ja lumisateet sekä vesien säännöstely. Huuhtoutuvien ravinteiden määrä on puolestaan suurin keväällä lumien sulaessa ja syksyllä sateiden aikaan. Myös joen valuma-alueen maaperän laatu, maanpinnan muodot ja maankäyttö vaikuttavat huuhtoutuvien ravinteiden määrään.

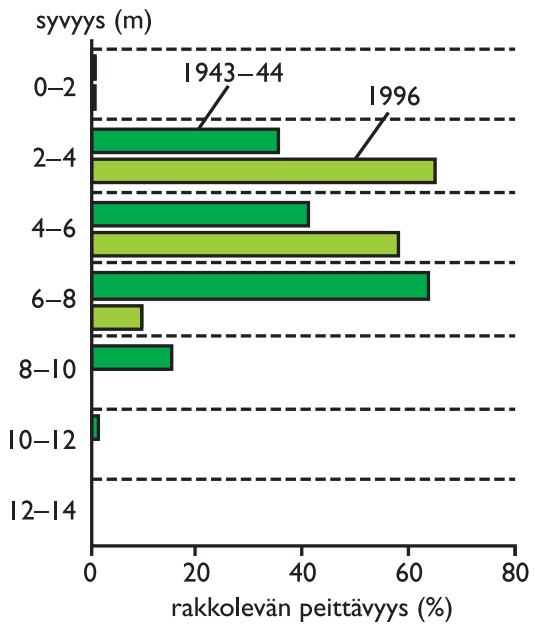
Rehevöityminen muuttaa Itämeren eliöyhteisöä

Rehevöityminen vaikuttaa saaristoalueen lintukantoihin pääosin kolmella tavalla: pesäpaikan valintaan, pesimätulokseen sekä myrkyllisten leväkukintojen kautta suoraan lintujen terveyteen. Levämyrkyt vaikuttavat lintulajeihin eri tavoin, mikä johtuu muun muassa erilaisesta ravinnosta sekä pesinnän ajoittumisesta. Myöhään pesivillä lajeilla, kuten tukkakoskelolla ja pilkkasiivellä, poikaset kuoriutuvat kesäkuun lopussa tai heinäkuun alussa, jolloin syanobakteerien määrät alkavat lisääntyä. Näillä lajeilla ei ole samanlaisia mahdollisuuksia välttää syanobakteerikukintoja kuin aikaisemmin pesivillä lajeilla. Rehevöitymisestä hyötyvät erityisesti kasveja ja leviä syövät linnut, kuten kyhmyjoutsen, koska niiden ravinto lisääntyy. Toisaalta esimerkiksi isokoskelo voi harvinaistua, koska veden samentuminen haittaa kalojen pyydystämistä. Lisäksi vesien umpeenkasvaminen vaikeuttaa lintujen pesintää. Erityisen paljon kärsivät merenpohjan eläimet, kuten valkokatkat ja niitä ravintonaan käyttävät kampelat.

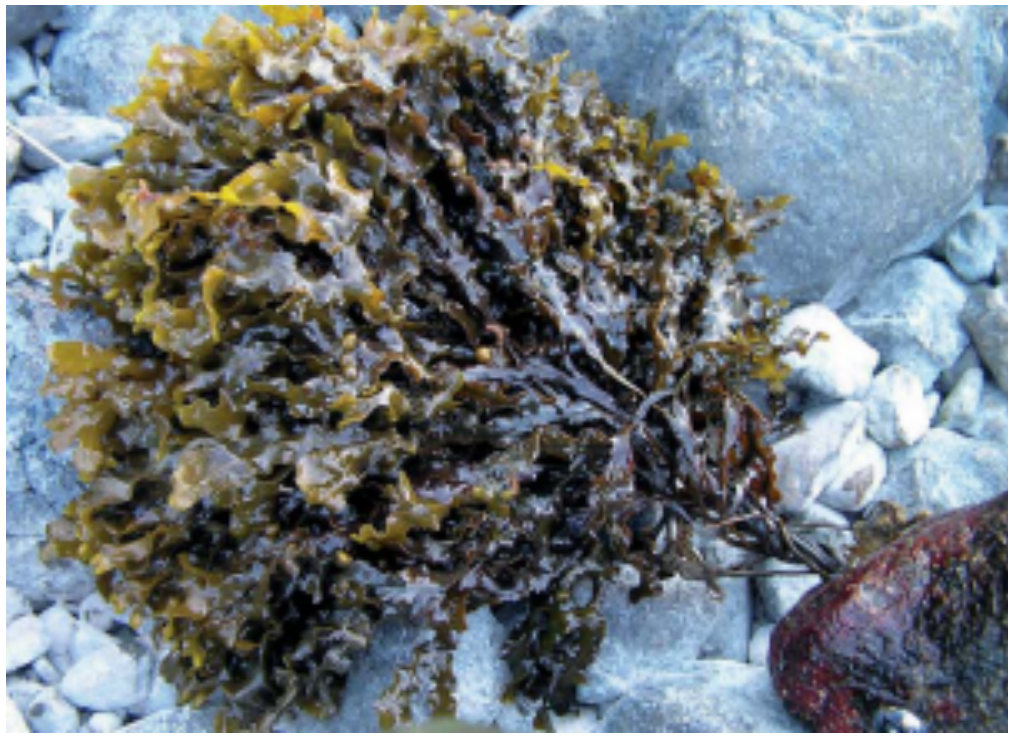
Särkikalat ovat rehevöitymisen seurauksena runsastuneet, ja niiden levinneisyysalue on laajentunut. Niitä esiintyy nykyään koko Suomen rannikolla. Ulkosaaristossa särjen pääasiallista ravintoa ovat sinisimpukat, joten rehevöityminen vaikuttaa välillisesti myös sinisimpukoihin. Niiden kannat romahtavat, jos särkikalat yleistyvät nopeasti.

Kyhmyjoutsen

Rakkolevän esiintymisrunsaus ja kasvusyvyys 1943–1944 ja 1996



Kasviplanktonin lisäksi lisääntyneestä ravinnemäärästä hyötyvät yksivuotiset rihmalevät, kun taas monivuotiset makrolevät, esimerkiksi rakkolevät, häviävät kilpailussa. Rakkolevä kasvaa nykyään aiempaa matalammassa vedessä, sillä rehevöitymisen aiheuttaman veden samentumisen takia sille ei riitä valoa syvällä. Koska rakkolevä on monivuotinen, se sopii hyvin veden laadun ilmentäjäksi. Sen esiintymisrunsaus ja kasvusyvyys kertovat veden puhtaudesta.



Maailman Luonnon Säätiön (WWF) koordinoimassa tutkimushankkeessa havaittiin Saaristomeren rakkolevien esiintymisessä muutoksia. Lähes 60 prosentissa tutkituista näytealoista rakkolevä oli hävinnyt kokonaan, 35 prosentissa kohteista rakkolevien määrä oli pysynyt samana ja vain noin kolmessa prosentissa rakkolevä oli runsastunut.

Itämeren häiriöherkkyys johtuu sen erikoisista piirteistä

Itämeri on muotoutunut nykyiselleen viimeisimmän jääkauden päätyttyä monien eri vaiheiden kautta. Itämeren kehityshistoriassa ovat vuorotelleet meri- ja järvivaiheet, joten sen eliöt ovat joutuneet sopeutumaan vaihteleviin olosuhteisiin. Siitä tuli nykyisen kaltainen murtovesiallas jääkauden loppuvaiheessa noin 8 000 vuotta sitten. Meri- ja järvivaiheiden vaihteluun on ollut syynä lähinnä maankohoaminen, joka vaikuttaa edelleen Itämeren piirteisiin erityisesti Perämerellä. Itämeren erikoispiirteiden takia myös eliölajisto on niukkaa verrattuna valtamerten lajistoon. Nuoreen, jääkauden jälkeen muotoutuneeseen murtovesialtaaseen ei ole ehtinyt vielä sopeutua omaa lajistoa. Vesi on liian suolaista joillekin sisävesien lajeille ja toisaalta liian vähäsuolaista valtamerten lajeille, joten eliöt joutuvat kuluttamaan runsaasti energiaa suolatasapainonsa säätelyyn.

Itämeri on maailman suurin murtovesiallas ja matala verrattuna muihin meriin. Veden suolapitoisuus on suurimmillaan Tanskan salmien lähellä, jossa se on noin 2 prosenttia. Valtamerten suolapitoisuus on noin 3,5 prosenttia, joten Pohjanmereltä Tanskan salmiin virtaava vesi nostaa siellä suolapitoisuutta. Keskellä Itämertä suolapitoisuus on prosentin luokkaa ja se pienenee Pohjanlahtea ja Suomenlahtea kohti mentäessä. Niiden perukoilla suolapitoisuus on vain 0,2–0,3 prosenttia, koska niihin virtaa jokien tuomaa suolatonta vettä.

Toinen Itämerelle tyypillinen piirre on veden kerrostuneisuus suolapitoisuuden ja lämpötilan mukaan. Tihein eli suolaisin vesi on aina syvimmällä ja vähäsuolaisin vesi pinnalla. Näiden kerrosten rajaa kutsutaan suolaisuuden harppauskerrokseksi. Vesimassojen voimakkaasta kerrostuneisuudesta seuraa, että pinnalla ja pohjalla oleva vesi eivät sekoitu helposti ja pohjaan voi syntyä hapettomia alueita. Itämerellä ei myöskään ole niin voimakasta vuorovesi-ilmiötä, että se voisi sekoittaa eri vesikerroksia. Kesällä Itämeren vesi on lisäksi kerrostunut lämpötilan mukaan: kylmä vesi painuu raskaampana syvälle, ja lämmin vesi nousee kevyempänä pinnalle.

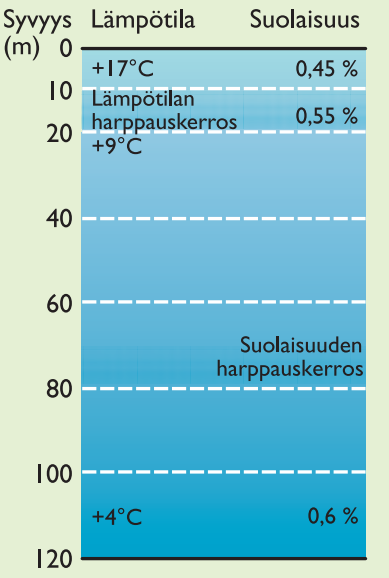
Kun tuuli on riittävän voimakas, se saa aikaan kumpuamista, jolloin kylmää vettä siirtyy pintaan tuoden mukanaan ravinteita. Voimakkaiden kumpuamisten seurauksena voi syntyä levien massaesiintymiä. Lämpötilan kerrostuneisuus häviää lopullisesti vasta syysmyrskyjen seurauksena. Matalilla alueilla vesi sekoittuu pohjaa myöten, mutta muualla sekoittuminen tapahtuu vain suolaisuuden harppauskerrokseen asti. Osa Itämerestä jäätyy talvella, eikä ilmasta pääse liukenemaan happea veteen, mikä myös lisää syvänteiden happikatoa. Itämeren hapettomien syvänteiden tila paranee vain silloin, kun Tanskan salmien kautta virtaa suolaisempaa vettä Itämereen. Uusi suolainen, hapekas aalto työntää entisen syvänteiden vesimassan tieltään, jolloin vähähappinen ja runsaasti ravinteita sisältävä vesi nousee pintaan. Näin syvänteet saavat happea ja pintavedet ravinteita.

sinisimpukka

kilkki

Sinisimpukka ja kilkki ovat yleisiä lajeja Itämeressä. Sinisimpukka on erinomainen esimerkki siitä, miten valtamerilaji jää kooltaan paljon pienemmäksi Itämeressä, koska se joutuu käyttämään paljon energiaa suolapitoisuutensa säätelyyn.

Selkämeren lämpötilan ja suolaisuuden harppauskerros



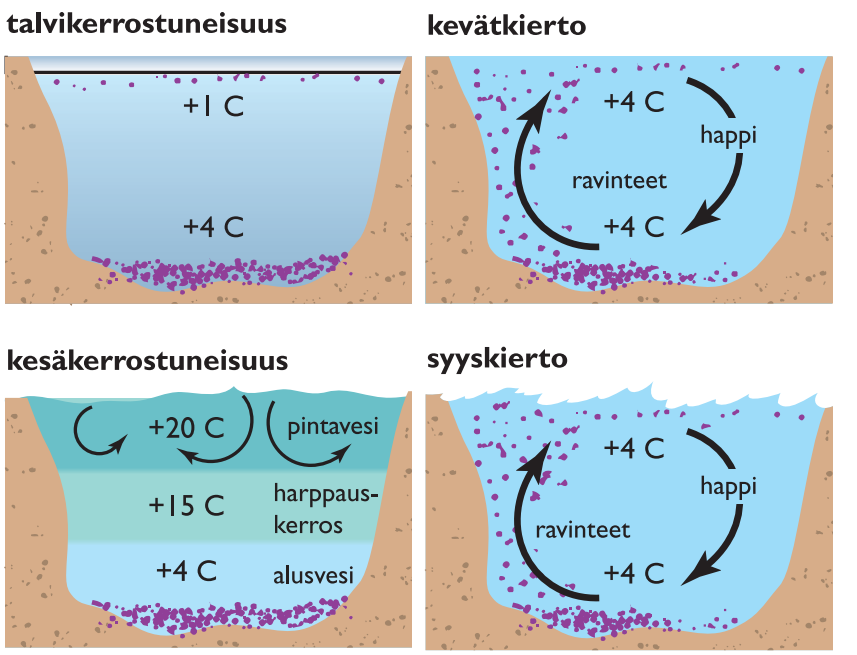
Itämeren vesi on kerrostunut suolapitoisuuden ja lämpötilan mukaan.

Suomen järvet rehevöityvät helposti

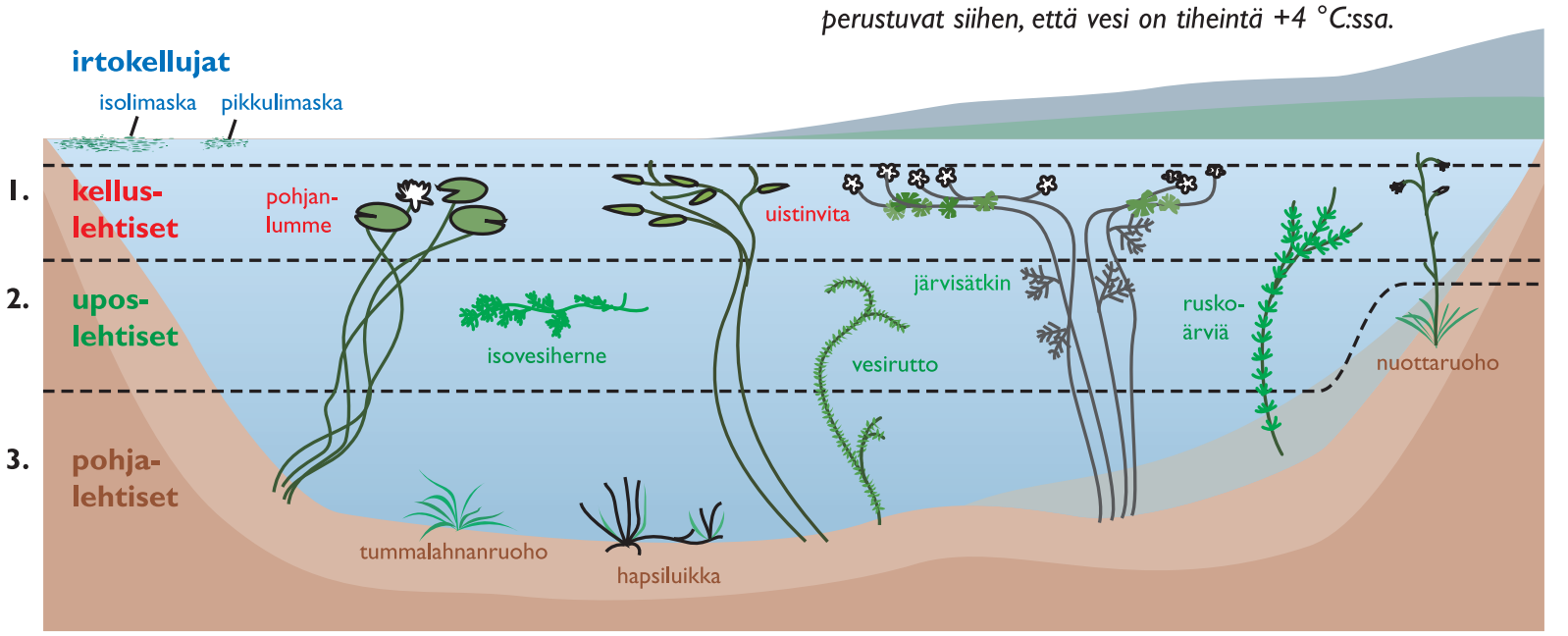
Rehevöityminen ja sen vaikutukset ovat sisävesissä lähes samanlaiset kuin Itämeressäkin. Pieni osa järvistämme on jo luontaisesti runsasravinteisia. Niiden valuma-alueiden maaperä on runsasravinteista, ja siitä syystä tällaisilla alueilla on myös paljon peltoja. Typpi- ja fosforilannoitteiden valuminen pelloilta lisää näiden ravinteiden määrää järvissä. Lisäksi järven rehevöitymiseen vaikuttavat ilmasta laskeutuvat ja pistekuormituksesta johtuvat päästöt. Suomen järvet ovat matalia ja vesi vaihtuu niissä hitaasti, minkä vuoksi rehevöittävien päästöjen vaikutus näkyy järvissä nopeasti.

Suurten järvien vesi kiertää ja kerrostuu vuodenaikojen mukaan. Rehevöityneessä järvessä veden kerrostuneisuus aiheuttaa monia ongelmia. Jos järvi on rehevöitynyt, eloperäisen aineen hajotustoiminta lisääntyy, ja se kuluttaa happea järven alusvedestä. Niin kauan kuin vesi ei kierrä, happea ei pääse pohjalle lisää. Happea on vähiten talvikerrostuneisuuden loppuvaiheessa. Talvella jää estää hapen pääsyn pintaveteenkin. Keväällä jäiden lähdön aikaan paljastuvat happikadon aiheuttamat kalakuolemat. Hyvin rehevässä järvessä happi saattaa olla vähissä jo loppukesällä, koska vesi on voimakkaasti kerrostunut.

Helpotusta happikatoon saadaan vasta syyskierron aikana. Myös järvien pohjasta alkaa hapettomissa oloissa vapautua fosforia ja sinne voi syntyä myrkyllistä rikkivetyä, kuten Itämeressäkin. Näin kiertoon tulee lisää ravinteita ja rehevöityminen kiihtyy. Järvissä tilanne paranee, kun kerrostuneisuus häviää syys- ja kevätkierrossa, sillä silloin happipitoista vettä pääsee alusveteen asti.



Isojen järvien vesi kiertää ja kerrostuu lämpötilan mukaan vuodenaikojen vaihtuessa. Veden kerrostuneisuus ja kierto perustuvat siihen, että vesi on tiheintä +4 °C:ssa.



Vesikasvien lajiston muutoksien avulla voidaan seurata vesien rehevöitymistä pitkällä aikavälillä: 1. Kun järvi rehevöityy, ilmaversoiset ja kelluslehtiset kasvit lisääntyvät järvessä voimakkaasti. Kaikkein nopeimmin runsastuvat irtokellujat ja plankton, koska ne pystyvät ottamaan kaikki tarvitsemansa ravinteet suoraan vedestä. 2. Uposlehtiset kasvit hyötyvät myös rehevöitymisestä, kunnes veden samentuminen estää valon pääsyn niiden lehdille. 3. Kaikkein herkimpiä veden samentumiselle ovat pohjalehtiset kasvit. Ne saavat juurillaan helposti ravinteita karustakin järvestä, mutta veden on oltava kirkasta, jotta valoa yltäisi pohjaan asti. Veden samentumisen lisäksi pohjalle kertyvä hienojakoinen aines hautaa pohjalehtiset kasvit helposti.

Rehevöitymistä estetään tehokkaimmin kuormitusta vähentämällä

Suomen vesistöjen tila on parantunut 1970-luvun lopusta alkaen. Tämä on seurausta yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesien puhdistusmenetelmien parantumisesta. Suomessa jätevesien puhdistus on EU:n huippua. Suomalaisten talousveden kulutus on 90–270 litraa henkeä kohti vuorokaudessa. Kerrostalossa asuva suomalainen kuluttaa vettä keskimäärin 155 litraa vuorokaudessa. Käytetty talousvesi päätyy yleensä viemäriverkostoon, josta jätevedet johdetaan jätevedenpuhdistamolle. Kaupungit ja teollisuuslaitokset käsittelevät jätevetensä entistä tehokkaammin. Esimerkiksi aikaisemmin paljon vesistöjä pilannut metsäteollisuus kykenee poistamaan yli 90 prosenttia jätevesien sisältämästä orgaanisesta aineesta.

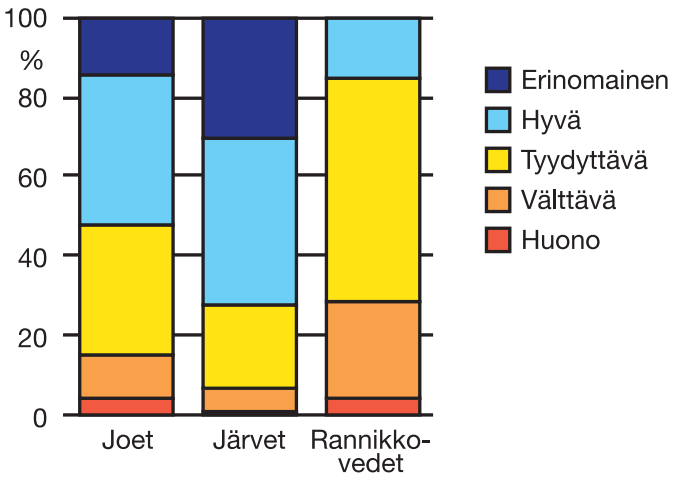
Suomessa lainsäädäntö edellyttää, että kaikkien kunnallisen viemäriverkoston ulkopuolella olevien asuin- ja talousrakennusten jätevedet on puhdistettava. Yksi keskeinen tavoite Suomen vesiensuojelussa on, että maatalouden vesistöihin kohdistuva kuormitus saataisiin tulevaisuudessa puolittumaan vuosien 2001–2005 kuormituksesta.

Pistekuormitus vähenee tehokkaalla jätevesien puhdistuksella

Jätevesien puhdistukseen kuuluu kolme vaihetta: mekaaninen, biologinen ja kemiallinen puhdistus. Mekaanisessa puhdistuksessa vedestä poistetaan kiinteät hiukkaset. Biologisen puhdistuksen aikana bakteerit ja alkueläimet hajottavat jäteveden sisältämät eloperäiset aineet, jotka vesistöön joutuessaan kiihdyttäisivät hajottajien työtä ja lisäisivät hapenkulutusta vesistössä. Kemiallisessa puhdistuksessa fosfori ja typpi saostetaan pois kemikaalien avulla. Jätevesistä saadaan puhdistuksen avulla pois suurin osa orgaanisesta aineesta ja fosforista, mutta typen poistossa ei olla päästy aivan yhtä hyviin tuloksiin. Typen poistaminen onkin tulevien vuosien suurimpia haasteita, kun kehitetään parempaa teknologiaa jätevesien puhdistukseen.

Jätevedenpuhdistamolle tulevan ja sieltä poistuvan veden laatua tarkkaillaan jatkuvasti. Jätevedestä mitataan biologinen hapenkulutus (BHK_7), kokonaistyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet sekä kiintoainepitoisuus. Biologinen hapenkulutus (mg happea/litra vettä) ilmaisee happimäärän, jonka mikrobit kuluttavat orgaanista ainesta hajottaessaan. Mitä enemmän jätevedessä on orgaanista ainesta, sitä enemmän sen hajottamiseen kuluu happea.

Suomen pintavesien ekologinen tila vuonna 2008



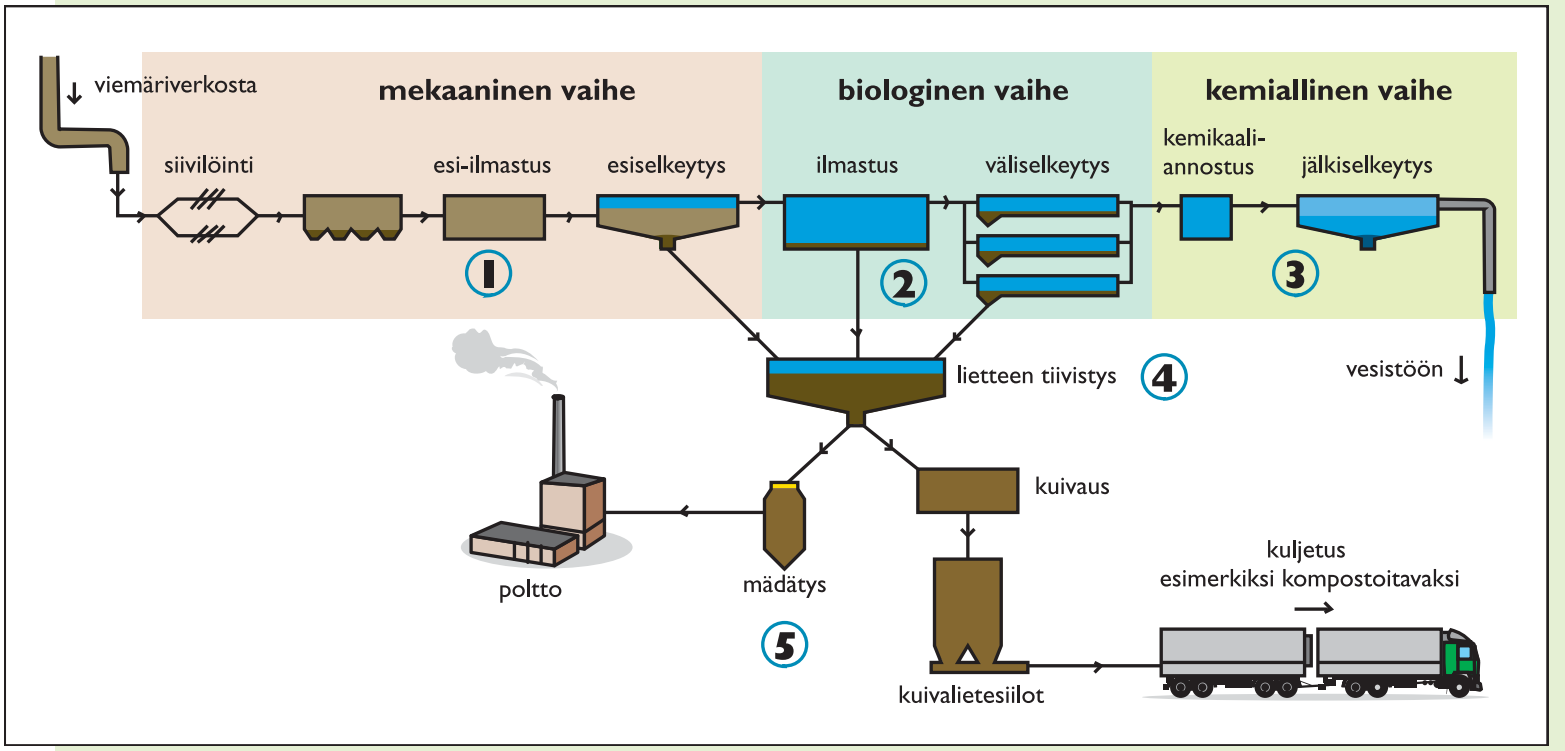
Tavoitteena on, että kaikissa pintavesissä saavutettaisiin hyvä tila vuoteen 2015 mennessä. (Lähde: Suomen ympäristökeskus)

Puhdistustulokset

	Ympäristölupa	EU:n vaatimukset	2008
BHK_7 (neljännesvuosi)	< 10 mg/l > 95 %	< 30 mg/l > 70 %	6,7 mg/l 97 %
Fosfori (neljännesvuosi)	< 0,3 mg/l > 95 %	< 1,0 mg/l > 80 %	0,22 mg/l 96 %
Typpi (vuosi)	> 70 %	< 10 mg/l > 70 %	87 %

Helsingin kaupungin Viikinmäen jätevedenpuhdistamon puhdistusteho vuonna 2008. Suomessa vaatimukset jäteveden puhtaudelle ovat tiukat. BHK_7 ilmaisee mikrobien seitsemän vuorokauden aikana kuluttaman hapen määrän.

JÄTEVEDENPUHDISTAMON TOIMINTAPERIAATE



1. Mekaanisessa puhdistuksessa jätevedestä erotetaan siivilöimällä kiinteät hiukkaset, kuten hiekka, sora, rasva ja jätteet.
2. Biologisessa puhdistuksessa jätevedestä hajotetaan orgaaninen aines. Mikrobit käyttävät hapekkaissa oloissa ravintonaan jäteveteen liuennutta orgaanista ainesta. Mikrobit pystyvät käyttämään ravintona osittain myös typen ja fosforin yhdisteitä. Esimerkiksi ammoniumtypen poistoon käytetään *Nitrosomonas*-bakteereita, jotka hajottavat ammoniumtypen nitriitiksi. Tämän jälkeen *Nitrobacter*-bakteerit hapettavat nitriitti-ionit nitraatti-ioneiksi. Denitrifikaatiossa nitraatti-ionit muuttuvat hapettomissa oloissa denitrifikaatiobakteereiden avulla typpikaasuksi, joka siirtyy ilmakehään.
3. Kemiallisessa puhdistuksessa jäteveteen lisätään kemikaaleja, jotka saostavat fosforia ja typpeä.
4. Syntynyt liete käsitellään. Se soveltuu esimerkiksi maanparannusaineeksi.
5. Mädättämössä syntyvä metaanikaasu voidaan käyttää sähkö- ja lämmitysenergiana.

Hajakuormituksen vähentämiseen tarvitaan monia keinoja

Puhdistustekniikoiden paraneminen ei ole juurikaan vähentänyt hajakuormitusta. Itämeren rannikkovesien sekä monien järvien ja jokien ravinnemäärät pienenisivät, jos maataloudessa käytettäisiin ympäristöystävällisempiä viljelymenetelmiä. Suomessa käytetään lannoitteita vähemmän peltopinta-alaa kohti kuin esimerkiksi Länsi- ja Keski-Euroopassa, mutta se johtuu osittain kasvukauden lyhyydestä. Maatalouden typpi- ja fosforipäästöt on saatu pienenemään EU:n maatalouden ympäristöohjelman ansiosta.

Suomessa keinolannoitteiden käyttö on viime vuosina vähentynyt, koska lannoittamisesta tehdään entistä tarkemmat suunnitelmat. Lannoitteiden levittämisajankohdalla on myös merkitystä valumien määrään. Esimerkiksi karjanlanta tulee levittää pellolle vasta keväällä ennen kylvöä, sitä ei saa levittää jäiseen tai lumiseen maahan. Peltojen auraus- ja kyntösuuntien tulee olla poikittain vesistöön nähden, jolloin ravinteita ei pääse niin helposti huuhtoutumaan pois pellolta. Ravinteiden huuhtoutumista pelloilta voidaan lisäksi estää jättämällä monivuotisen kasvillisuuden peittämä viljelemätön suojavyöhyke pellon ja vesistön väliin. Suojavyöhykkeet lisäävät luonnon monimuotoisuutta ja estävät eroosiota. Myös metsiä hakattaessa tulee rantaan jättää suojavyöhyke.

Ravinteiden huuhtoutumista voidaan vähentää myös perustamalla kosteikkoja. Kosteikko on yleensä veden peitossa tai ainakin pysyy kosteana. Jatkuvasti veden peitossa olevat niityt ja järviruokovaltaiset kosteikot ovat osoittautuneet tehokkaiksi fosforin ja typen sitojiksi. Suojavyöhykkeiden ja kosteikkojen perustamiseen ja hoitoon myönnetään maanviljelijöille EU:n maatalouden ympäristötuen erityistukea.

Suojavyöhykkeen pitäisi olla vähintään 15 metriä leveä, monivuotisen kasvillisuuden peittämä viljelemätön alue, jolle ei levitetä lannoitteita eikä kasvinsuojeluaineita. Suojavyöhykettä hoidetaan niittämällä, jolloin niittojäte on kerättävä pois. Suojavyöhykkeellä voidaan myös laiduntaa eläimiä.

Maaperän typpipitoisuus saadaan kasvamaan viljelemällä viljakasvien kanssa vuoroviljelynä biologiseen typen sidontaan kykeneviä kasveja, kuten hernekasveja tai apilaa. Tätä hyödynnetään luomuviljelyssä, jossa ei käytetä keinotekoisia lannoitteita. Maan ravinnepitoisuutta parannetaan lisäksi esimerkiksi karjanlannalla. Luomuviljelyssä rehevöittävät päästöt vesistöihin ovat huomattavasti pienemmät kuin tehomaataloudessa.

Kuormituksen vähentäminen ei aina kuitenkaan auta, jos vesistössä on alkanut oma sisäinen kuormitus. Sen takia useita pahoin rehevöityneitä järviä on jouduttu kunnostamaan. Kunnostustoimia ovat vesikasvien poistaminen, hoitokalastus ja vesistöjen ruoppaus.

Vesikasvien vähentämisellä parannetaan järven virkistys- ja maisema-arvoja, lisätään veden virtausta umpeenkasvaneilla paikoilla sekä kohennetaan kalojen ja lintujen elinolosuhteita. Hoitokalastuksessa kalastetaan taloudellisesti vähempiarvoisia kaloja eli niin sanottuja roskakaloja. Niitä ovat esimerkiksi särkikalat, jotka pöyhivät pohjaa ja nostavat näin ravinteita pintaan. Kalojen mukana järvestä poistuu ravinteita, eläinplankton runsastuu ja levät vähenevät. Järveen voidaan istuttaa myös petokaloja, jotka syövät särkikaloja. Ravinteiden määrää järvessä voidaan vähentää pohjan ruoppauksella ja hapen määrää lisätä ilmastuksen avulla.

Rehevöityneen järven kuntoa voidaan parantaa vesikasveja poistamalla.

Hoitokalastus on yksi keino elvyttää pahoin rehevöityneen vesiekosysteemin tilaa. Erityisesti särkikaloja pyydetään nuottaamalla. Saatu kalansaalis voidaan käyttää vaikkapa turkiseläinten rehuksi.

TEHTÄVÄT

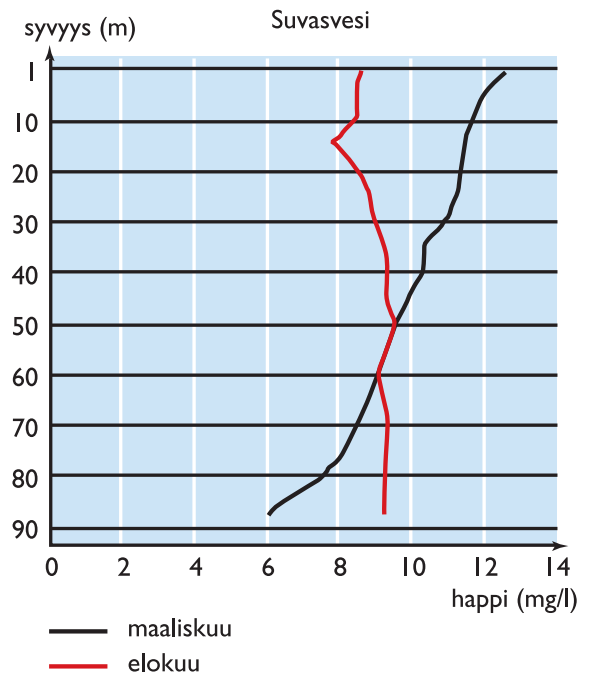
1. Rehevöitymiseen liittyviä käsitteitä

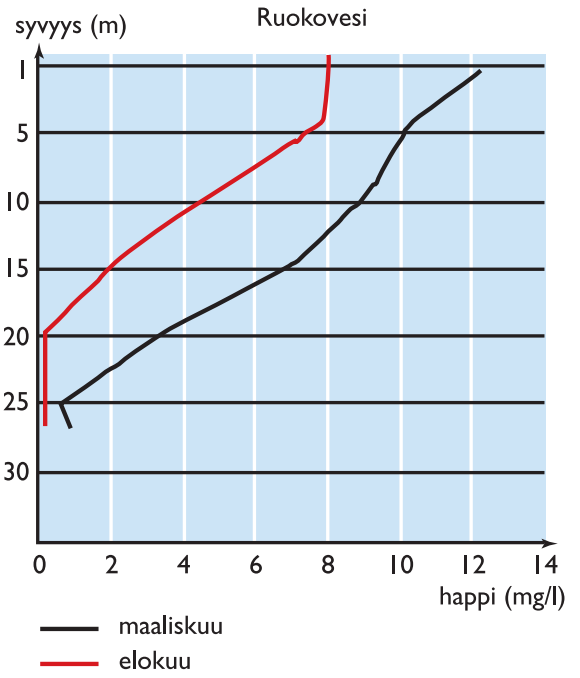
Määrittele seuraavat käsitteet.

a. sisäinen kuormitus
b. biologinen hapenkulutus
c. suolavesipulssi
d. biologinen jätevedenpuhdistus
e. kemiallinen jätevedenpuhdistus
f. hajakuormitus
g. pistekuormitus

2. Järvien happitilanteen vertailu

Mitä voit diagrammien perusteella kertoa järvien kunnosta?

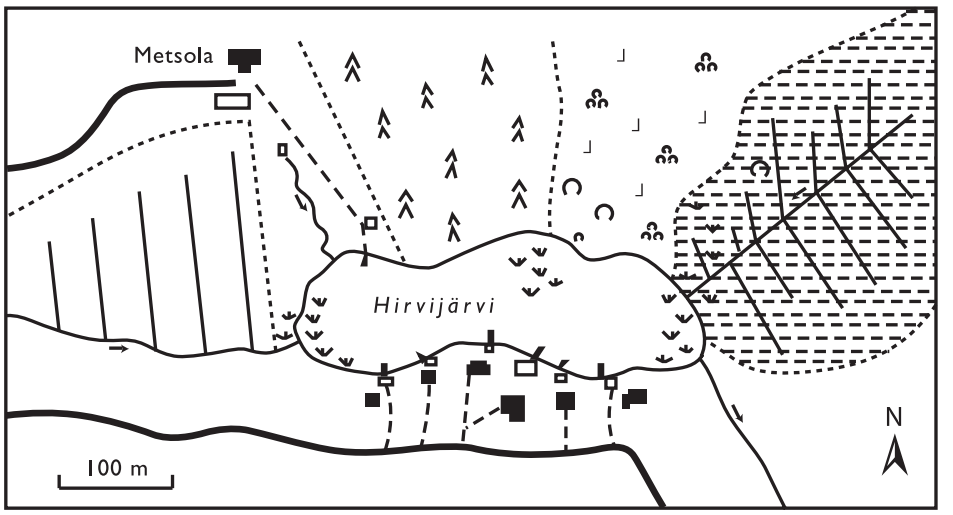




3. Hirvijärven tilan kehitys

Oheinen piirroskuva esittää Hirvijärveä. Siinä on erityisesti lämpiminä kesinä ilmennyt piirteitä, jotka osoittavat järven voivan huonosti.

a. Miten järven kunnon heikkeneminen yleensä ilmenee?
b. Mitkä seikat voivat olla syynä Hirvijärven kunnon heikkenemiseen?
c. Mihin toimiin pitäisi ryhtyä, jotta Hirvijärvi ei rehevöityisi tulevaisuudessa?

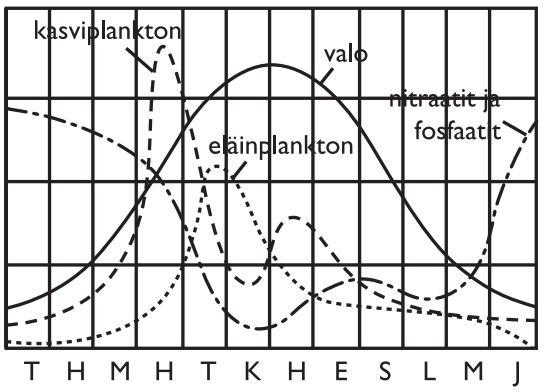


4. Ympäristötekijöiden vaihtelu Itämeressä

yo k-03

Oheinen kaavamainen kuva esittää Itämeren kasvi- ja eläinplanktonin määrän vuosivaihtelua sekä eräiden tekijöiden muuttumista vuoden mittaan.

a. Mitä abioottisia tekijöitä diagrammissa on kuvattu, ja millainen niiden vuosivaihtelu on?
b. Mistä kasvi- ja eläinplanktonin määrien vaihtelut johtuvat?
c. Viime vuosina sinileviä on esiintynyt runsaasti. Sanonta ”sinilevien kukinta” sisältää oikeastaan biologisen virheen. Totea ja perustele virhe.



5. Kotiseudun vesien tilan tutkiminen

tt

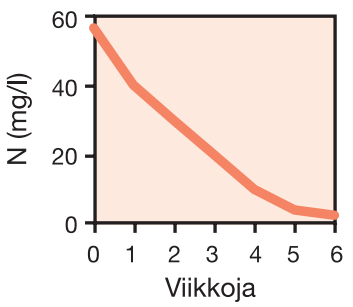
Suunnittele ja toteuta tutkimus, jossa selvität kotiseutusi veden laatuun vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksen kohteena voi olla yksi järvi, lampi tai joki, tai voit verrata erilaisia vesiä toisiinsa. Tutkittavia asioita voivat olla esimerkiksi ravinteet (typpi, fosfori), happipitoisuus, näkösyvyys, planktoneliöt ja kasvillisuus.

6. Pikkulimaska rehevöitymisen ilmentäjänä

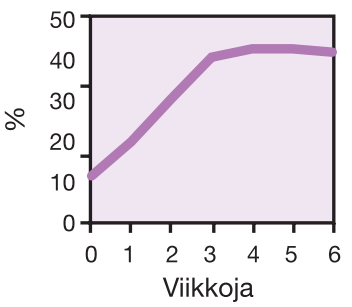
yo s-11

Pikkulimaska (*Lemna minor*) on makean veden irtokelluja, joka suosii rehevöityneitä elinympäristöjä (kuva A, lammikko Lounais-Suomessa). Tehokas ravinteiden otto juurimaisten rihmojen (kuva B) avulla sekä tehokas yhteyttäminen kolmen lehden avulla (kuva C) takaavat runsaan biomassan, etenkin valkuaisaineiden, tuotannon. Kotiakvaariossa pikkulimaska estää tehokkaasti levien kasvua.

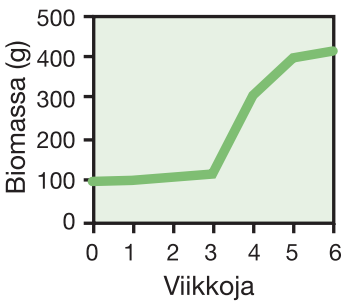
a. Miten kuvaajat (1–4) osoittavat pikkulimaskalle ominaisen nopean kasvun ja valkuaisainetuotannon? (2 p.)
b. Miksi pikkulimaska estää akvaariossa levien kasvua? (2 p.)
c. Miksi pikkulimaskaa voidaan käyttää rehevöityneiden vesistöjen tehokkaana biopuhdistajana? (2 p.)



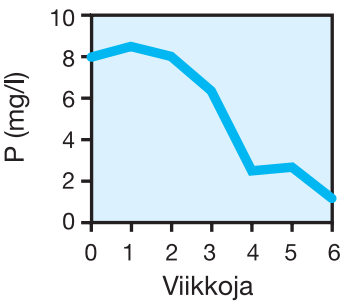
1. Typen (N) määrä vedessä (mg/l)



2. Pikkulimaskan suhteellinen valkuaisainepitoisuus (%)



3. Pikkulimaskan biomassa (g)



4. Fosforin (P) määrä vedessä (mg/l)

7. Typen aiheuttamat ongelmat

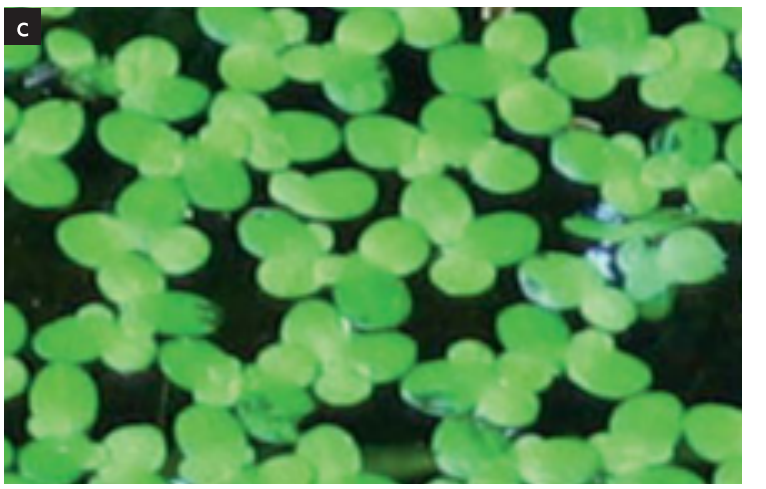
yo k-13

Millaisia ongelmia typpeä sisältävät yhdisteet aiheuttavat joutuessaan valumavesien mukana vesiekosysteemeihin? Miten typpeä poistuu vesiekosysteemeistä?

+8. Itämeren häiriöherkkyys

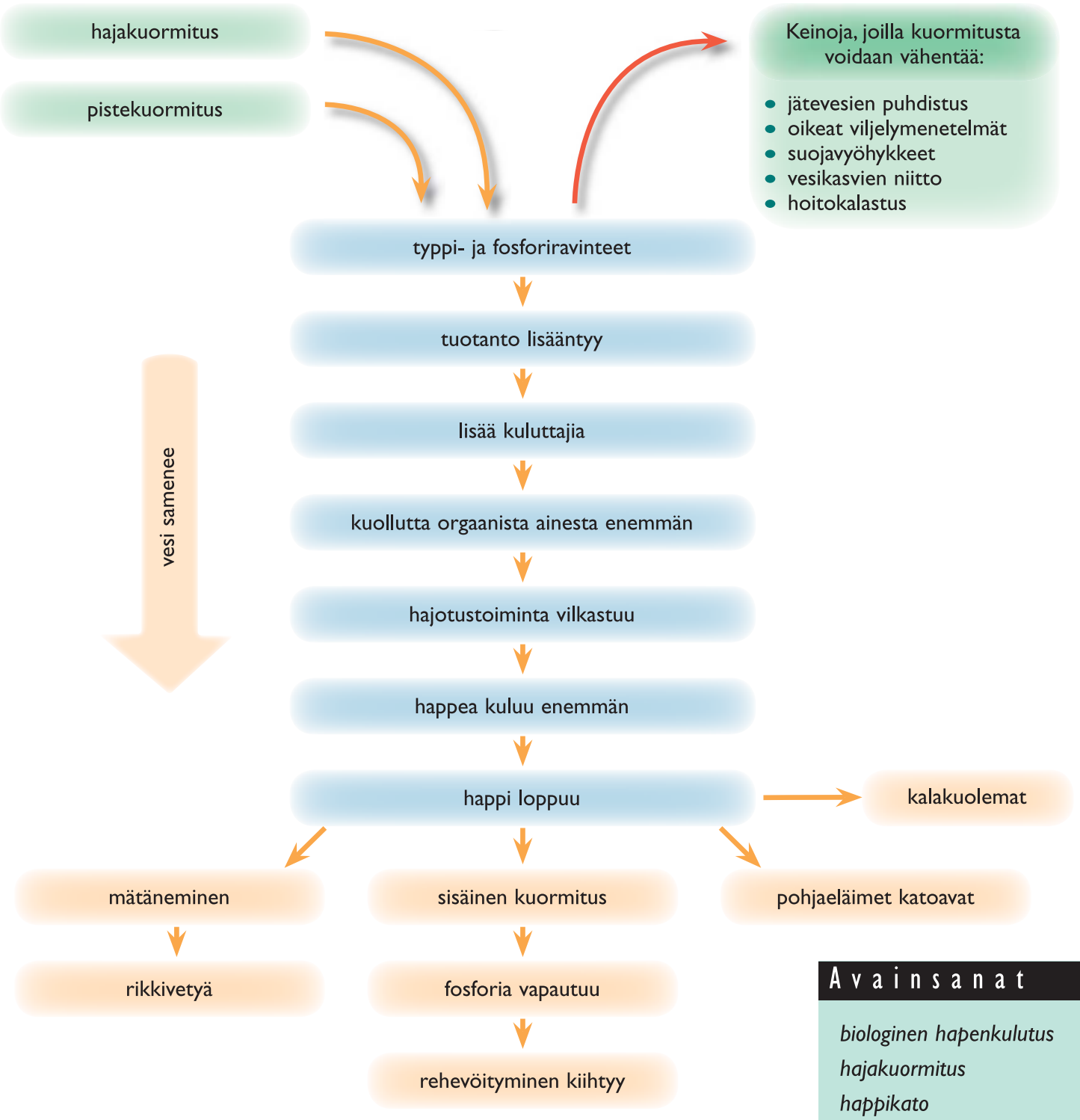
yo s-04

Itämeren ekologinen haavoittuvuus on ollut pitkään huolenaiheena. Mihin Itämeren häiriöherkkyys perustuu, ja miten Itämeren tilaa voitaisiin kohentaa?



Yhteenveto

Rehevöitymisen vaikutuksia vesiekosysteemissä



Avainsanat

biologinen hapenkulutus
hajakuormitus
happikato
jätevedenpuhdistus
pistekuormitus
rehevöityminen
sisäinen kuormitus
suojavyöhyke
suolavesipulssi
syanobakteeri
valuma
valuma-alue

7.

Rikin ja typen oksidien lisääntyminen aiheuttaa luonnon happamoitumista

1970- ja 1980-luvuilla oltiin huolestuneita happamien sateiden tuhoamista metsistä Keski- ja Itä-Euroopassa. Kun happamoittaviin päästöihin puututtiin ympäristöteknologian keinoin, päästöt vähenivät ja metsät elpyivät vähitellen ennalleen. Happamoitumisesta on kuitenkin tullut ongelma Kiinassa ja sellaisissa kehittyvissä maissa, joissa sähköä tuotetaan erityisesti kivihiiltä polttamalla. Jo kolmasosa Kiinan luonnosta kärsii happamoitumisen vaikutuksista.

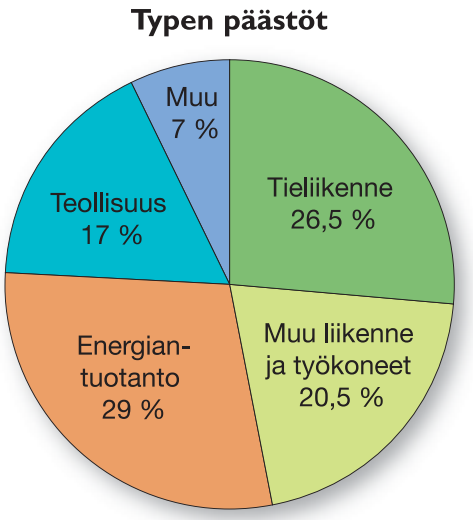
Happamoittavat aineet ovat peräisin useista lähteistä

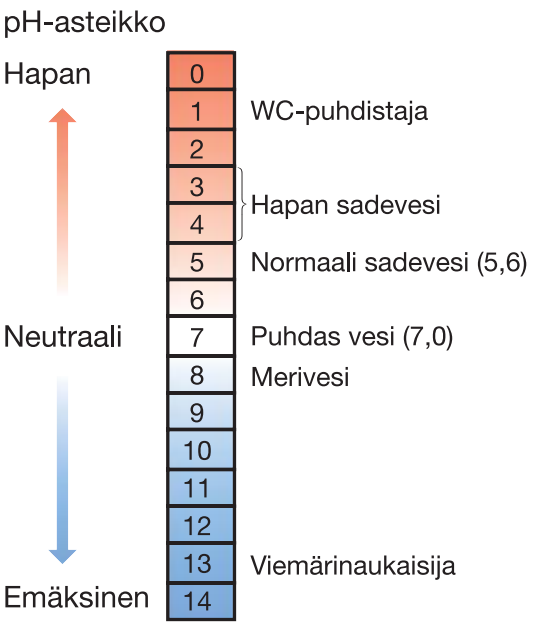
Energiantuotanto ja liikenne perustuvat nykyisin pääasiassa fossiilisiin polttoaineisiin. Niitä poltettaessa hiiltä vapautuu hyvin nopeasti pitkäaikaisista, satoja miljoonia vuosia sitten syntyneistä varastoista hiilidioksidina takaisin ilmakehään. Lisäksi fossiilisten polttoaineiden sisältämän rikin palamisessa syntyy rikkidioksidia ja typen palamisessa typen oksideja, jotka aiheuttavat luonnon happamoitumista eli pH:n laskua. Happamoitumista aiheuttaa myös ammoniakki, jota haihtuu ilmaan karjanlannasta ja keinolannoitteista. Ammoniakkipäästöjä muodostuu jonkin verran myös ammoniakin ja lannoitteiden teollisesta valmistuksesta. Meriekosysteemeissä merkittävin happamoitumista aiheuttava tekijä on hiilihappo, jota syntyy hiilidioksidin liuetessa veteen.

Ilmaan päätyneet rikkidioksidi ja typen oksidit tulevat maan pinnalle happamoittavana laskeumana, joka voi olla joko kuiva- tai märkälaskeumaa. Kuivalaskeumassa rikkidioksidi ja typen oksidit päätyvät maahan painovoiman vaikutuksesta pölyn mukana

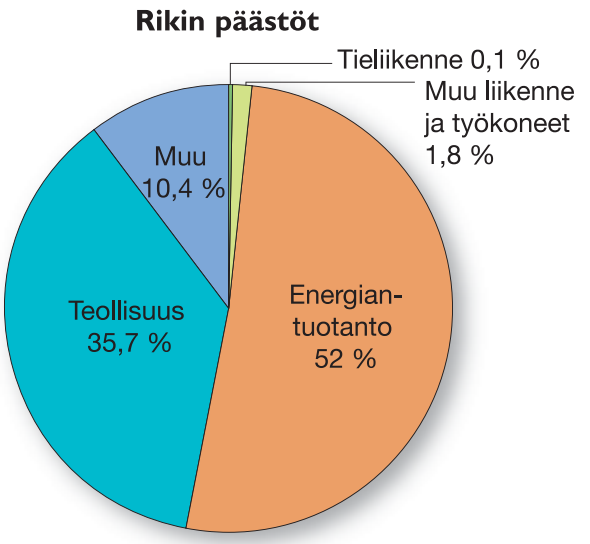
tai kaasuna. Mikäli ne reagoivat ilmassa olevan veden kanssa, reaktiosarjan kautta syntyy rikkihappoa ja typpihappoa. Ne satavat maahan happamana vetenä, jolloin puhutaan märkälaskeumasta.

Happamoittavat yhdisteet voivat kulkeutua ilmavirtausten mukana jopa tuhansia kilometrejä. Tämän kaukokulkeutumisen takia suurin osa Suomenkin laskeumasta on peräisin maamme rajojen ulkopuolelta. Suomen omat päästöt ovat suurimmat Etelä-Suomessa, mistä vallitsevat tuulet kuljettavat niitä yleensä pohjoiseen.





Happamoitumisella tarkoitetaan pysyvää pH-arvon laskua maaperässä tai vedessä. Normaalistikin sadevesi on hieman hapanta (pH noin 5,6) koska ilman hiilidioksidia on liuennut veteen hiilihapoksi. Kun veden pH-arvo on alle 5, puhutaan happamasta sateesta.



Happamoittavien päästöjen lähteet Suomessa vuonna 2010

Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvua on seurannut ilmaston lämpenemisen lisäksi uusi, nopeasti etenevä ympäristöongelma, merten happamoituminen. Meriveden happamoituminen haittaa erityisesti simpukoita ja korallieläimiä, koska niiden kalkkipitoinen suojakuori liukenee happamaan veteen, jolloin ne kuolevat.

Suomen luonto on luontaisesti herkkä happamoitumaan

Suomessa maaperä on jo valmiiksi hapanta, ja siksi se pystyy neutraloimaan huonosti happoja. Maaperän kykyä neutraloida happoja nimitetään puskurointikyvyksi. Suomen maaperän happamuus johtuu siitä, että happamien kivilajien, kuten graniitin, rapautumisen tuloksena maaperäkin on hapan. Lisäksi maaperässä karikekerroksen alla oleva hapan humuskerros edistää happamoitumista.

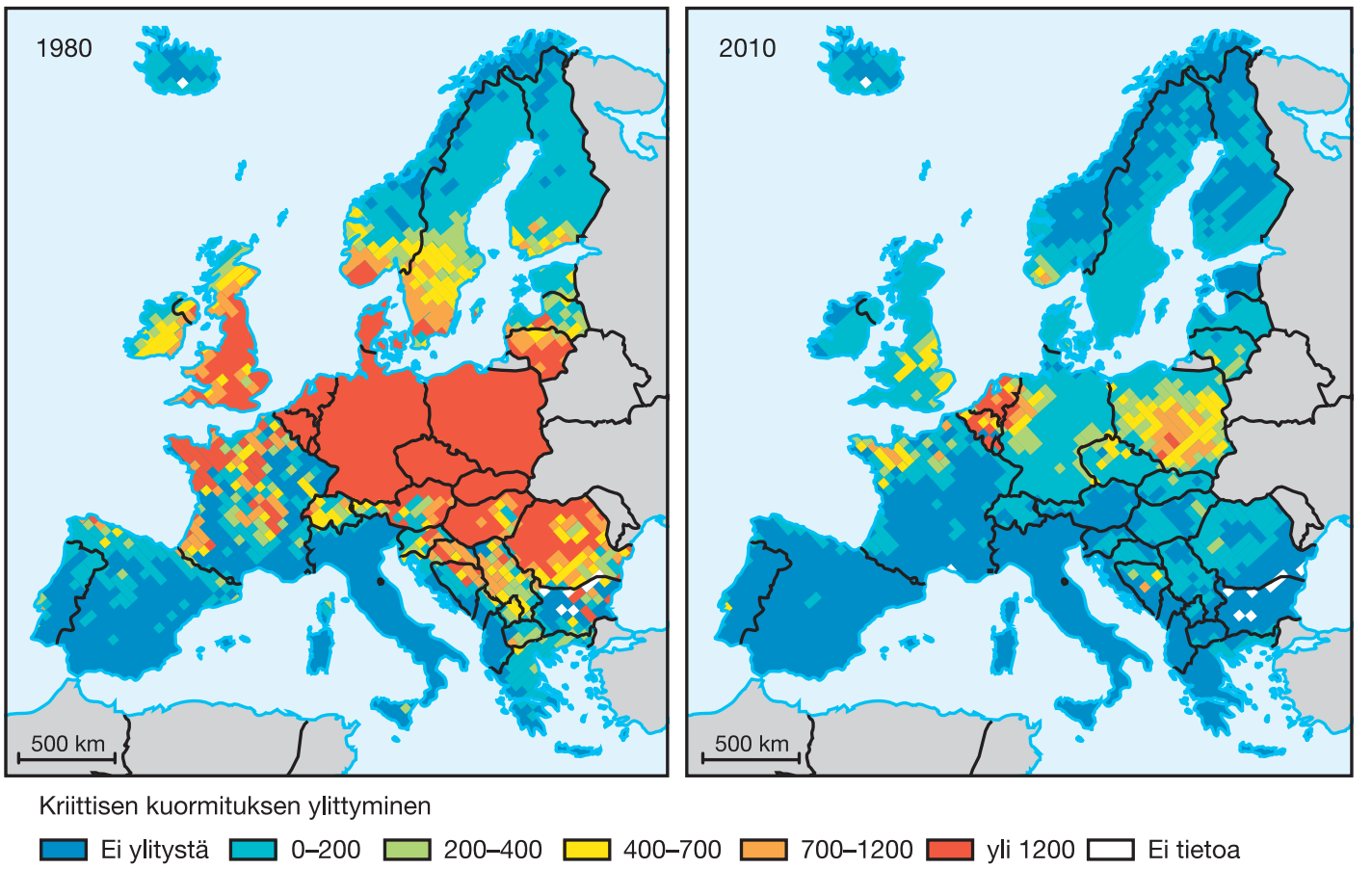
Kriittisellä kuormituksella tarkoitetaan suurinta mahdollista pitkäaikaista laskeumaa, jonka tietty ekosysteemi kestää pitkäkestoisesti ilman merkittäviä vaurioita. Kriittiseen kuormitukseen vaikuttavat ekosysteemien luontaiset ominaisuudet. Esimerkiksi Keski-Euroopassa monilla alueilla maaperässä on runsaasti kalkkia, minkä vuoksi maaperä on emäksistä ja kestää hapanta laskeumaa paremmin. Koska Suomen maaperän puskurointikyky on heikko, on myös Suomen luonnon kriittinen kuormitus pieni.

Hapan laskeuma vaikuttaa metsissä monin tavoin

Happamoittavien päästöjen vaikutuksiin metsissä alettiin kiinnittää laajemmin huomiota 1970-luvun lopulla. Suomessa oltiin eniten huolestuneita Kuolan niemimaalta Itä-Lappiin tulevan happaman laskeuman vaikutuksista. Uutiset Lapin metsien huonosta kunnosta 1980-luvun lopulla havahduttivat suomalaiset huomaamaan, ettei pohjoinen luontomme olekaan haavoittumaton.

Puuston kunnon mittarina käytetään yleensä sen kasvunopeutta ja harsuuntumista eli neulas- tai lehtikatoa. Harsuuntuminen ei kuitenkaan kerro mitään sen syystä. On esimerkiksi havaittu, että happamoittavien rikkiyhdisteiden laskeuma ei aina ole suurin kaikkein pahiten harsuuntuneilla alueilla. Harsuuntuminen voi johtua happamoittavien päästöjen lisäksi muista ilmansaasteista, puiden ikääntymisestä, sääoloista tai jostakin sairaudesta. Ensisijaista syytä on yleensä mahdotonta osoittaa, ja monet tekijät

Kriittisen kuormituksen ylittyminen Euroopassa 1980 ja 2010



Happaman laskeuman aiheuttama kriittisen kuormituksen ylittyminen on pienentynyt selvästi Euroopassa 30 vuoden aikana kansainvälisten sopimusten ja kehittyneen tekniikan ansiosta. Huonoin tilanne on edelleen Keski-Euroopassa.

vaikuttavat yhdessä. Tutkimustulosten perusteella on esitetty, että Itä-Lapin metsien huono kunto voi johtua porojen ylilaidunnuksesta, eikä niinkään Kuolan niemimaan päästöistä. Ylilaidunnuksesta seuraa, että puiden juuria suojaava jäkäläkerros on kaluttu pois.

Happamoituminen etenee metsissä hitaasti, joten sen vaikutuksia on aluksi vaikea havaita. Happamoitumisen alkuvaiheessa puiden kasvu yleensä jopa paranee. Koska Suomen metsissä typpi on minimiravinne, sen laskeuma lisää aluksi kasvua. Hapan laskeuma vaikuttaa puihin kahdella tavalla: suoraan vahingoittamalla lehtiä tai neulasia ja epäsuorasti maaperän kautta.

Hapan laskeuma vahingoittaa neulasten pintakerrosta ja altistaa näin puun vieraille aineille, tuholaisille ja kuivumiselle. Neulasten ilmarakojen ympärillä oleva vahanukka voi vahingoittua, jolloin haihtuminen lisääntyy ja myrkylliset aineet pääsevät helpommin neulasen sisäosiin. Rikkidioksidi voi soluihin tunkeutuessaan tuhota viherhiukkasia ja näin vaikeuttaa fotosynteesiä. Neulasten ikä lyhenee, ja seurauksena on harsuuntuminen.

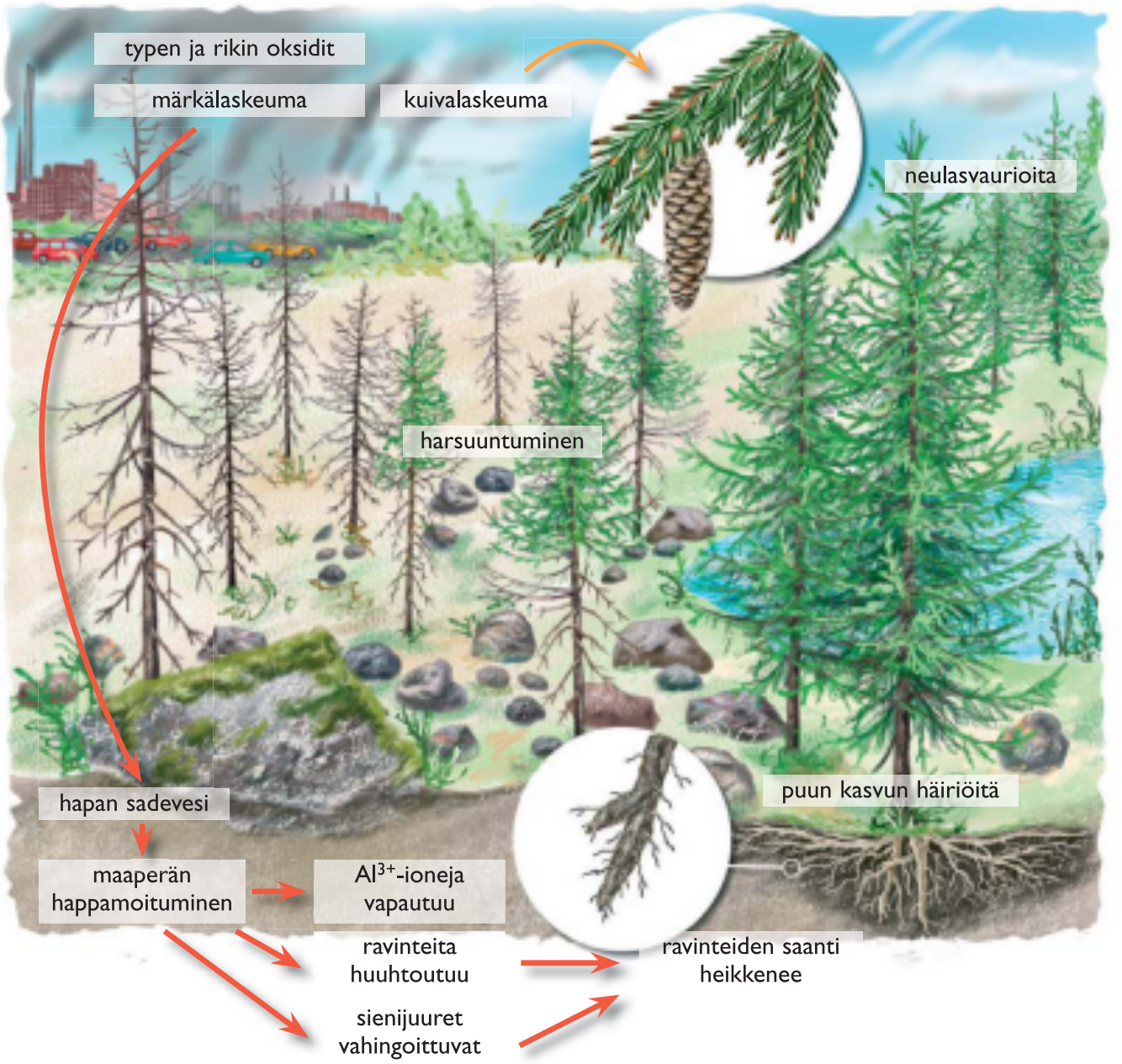
Puiden rungoilla kasvavat lupot ja naavat ovat herkkiä ilmanlaadun indikaattoreita, koska ne kärsivät happamoitumisesta.

Happamuuden muutokset vaikuttavat maaperässä olevien metallien liukoisuuteen. Osa ravinteista huuhtoutuu kasvien juurten ulottumattomiin. Jotkin eliöille haitalliset aineet, kuten alumiini ja kadmium, muuttuvat liukoisiksi, joutuvat veden mukana kasvien juuriin ja vahingoittavat niitä. Happamoituminen vaurioittaa myös puiden sienijuurta eli mykorritsaa, minkä seurauksena puiden veden ja ravinteiden saanti heikkenee.

Puilla kasvavat jäkälät ovat happamoitumisen suhteen hyviä bioindikaattoreita, koska ne reagoivat ilman pilaantumiseen erittäin herkästi. Jäkälien ravinteiden saanti riippuu sateista ja ympäröivästä ilmasta. Ravinteiden saannin turvaamiseksi suojaava pintakerros on jäkälillä ohut tai puuttuu kokonaan. Sen takia ravinteiden ohella myös haitalliset aineet kulkeutuvat helposti jäkälän sisäosiin, jolloin erityisesti yhteyttävä leväosakas vaurioituu. Jäkälien aineenvaihdunta ja kasvu tapahtuvat hitaasti, ja ne ovat pitkäikäisiä, joten niihin kertyy haitallisia aineita pitkältä ajalta. Jotkin kasvutavaltaan poikkeavat jäkälälajit, esimerkiksi naavat ja lupot, ovat erityisen herkkiä happamoitumiselle. Päästölähteiden läheisyyteen voi syntyä täysin jäkälättömiä alueita, jäkäläautioita.

Ilman epäpuhtauksien leviämistä voidaan tutkia seuraamalla männyn rungolla elävien jäkälien lajimäärää ja kuntoa.

Happamoitumisen vaikutukset havupuihin

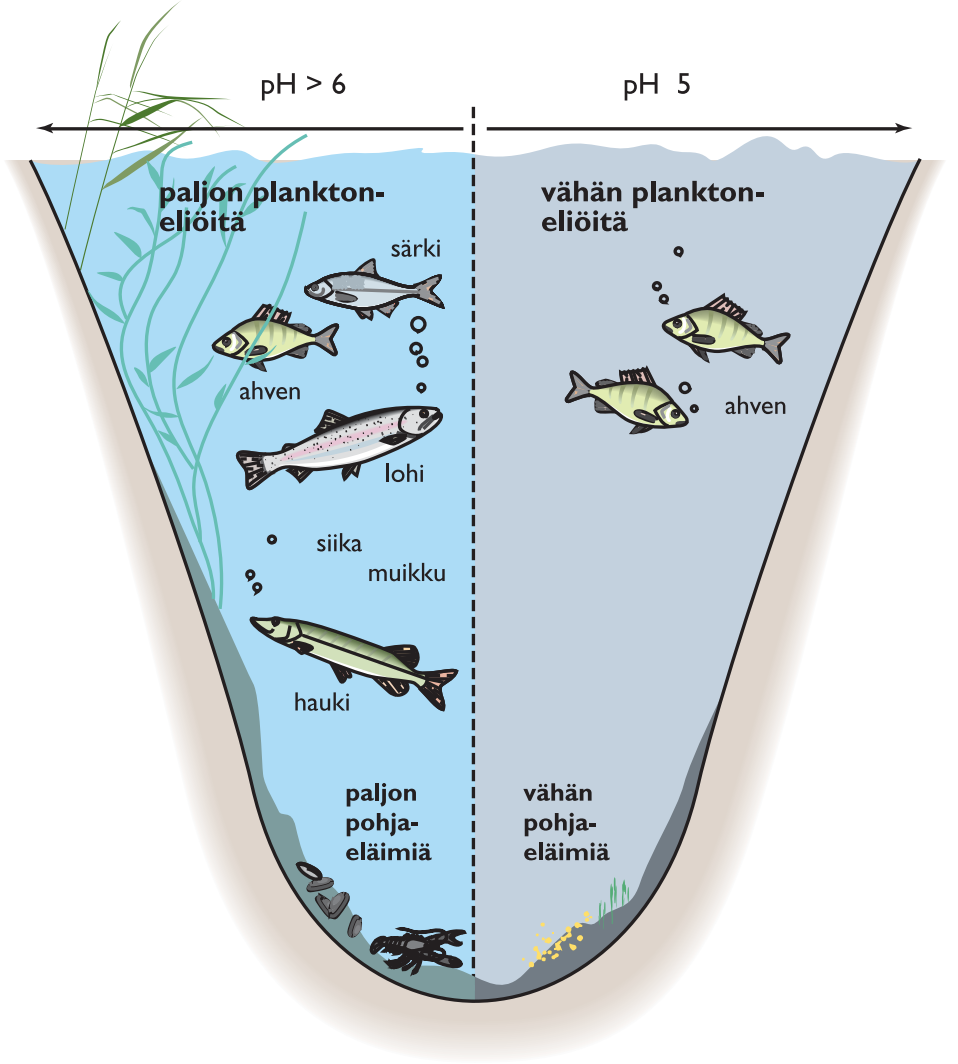


Happamoitumisen lisäksi monet muut tekijät, kuten sääolot, puiden perimä ja ikä sekä tuholaiset, vaikuttavat havupuiden hyvinvointiin.

Metsäntutkimuslaitos seuraa Suomen metsien tilaa noin 800 koealalla. Metsän tilasta kertovat esimerkiksi neulasten kellastuminen, puiden harsuuntumisaste sekä jäkälälajiston monipuolisuus ja jäkälien kunto. Maaperänäytteistä voidaan mitata pH-arvo sekä happamoitumisessa vapautuvien raskasmetallien pitoisuudet.

Suomen sisävedet happamoituvat herkästi

Monet Suomen järvet ovat jo luonnostaan happamia, koska niihin huuhtoutuu ympäröivien alueiden maaperästä hapanta humusta. Paljon humusta sisältävät ruskeavetiset järvet kestävät kuitenkin happamoittavaa laskeumaa paremmin kuin kirkasvetiset järvet. Humus toimii vesissä puskurina, ja lisäksi se pystyy sitomaan eliöille haitallisia metalleja, kuten alumiinia. Erittäin herkkiä happamoitumaan ovat kirkasvetiset, karut, pienet järvet vesistöjen yläjuoksulla. Järven happamoitumisherkkyyteen vaikuttavat myös valuma-alueen laajuus ja pinnanmuodot. Mitä hitaammin vesi kulkee, sitä enemmän happamoittavia vetyioneja ehtii sitoutua maaperään ennen veden valumista vesistöön ja sitä vähäisemmäksi happamoituminen jää. Happamoituminen on alkanut näkyä myös Itämeressä.



Eri eliölajien happamuuden sietokyky. Kaavioista näkyy lajimäärien väheneminen, kun pH-arvo laskee optimaaliselta tasolta.

Yleensä happamoitumisen vaikutukset alkavat näkyä vesiekosysteemissä pH:n laskiessa alle kuuden. Happamoituvassa vesistössä kasvi- ja eläinplanktonin sekä pohjaeläinten määrä vähenee. Happamoituminen vaikuttaa ensimmäisenä kotiloihin, rapuihin ja simpukoihin, sillä niiden kalkkikuoren muodostuminen vaikeutuu. Happamoituminen vahingoittaa myös kalojen mätiä ja poikasia. Vähitellen vesistössä on vain vanhoja kaloja. Suomen lajeista herkimpiä ovat lohi- ja särkikalat, kun taas parhaiten happamuutta kestävät hauki ja ahven. Järvien tilanne on pahimmillaan keväisin, koska lumien happamat sulamisvedet happamoittavat järviä entisestään. Ravintoketjut muuttuvat, kun osa lajeista häviää ekosysteemistä. Vähitellen vesikasvillisuuskin muuttuu, ja lopulta pahoin happamoituneen lammen tai järven pohjassa kasvaa vain rahkasammalta.

Suomen ympäristökeskus seuraa järvien happamoitumiskehitystä koko maan käsittävällä seurantaverkolla. Järvien kuntoa voidaan selvittää tutkimalla järven eliölajistoa sekä mittaamalla veden pH:ta ja eri metallien, kuten alumiinin, pitoisuuksia. Järvien palautumista ennalleen on selvitetty 2000-luvulla esimerkiksi koekalastuksilla sellaisista järvistä, jotka olivat pahasti happamoituneita vielä 1980-luvulla. Koekalastuksista on selvinnyt, että kalakannat ovat toipuneet ennalleen. Aiemmin happamoituneisiin järviin on myös tehty onnistuneita kalaistutuksia, mikä kertoo järvien toipumisesta.

Happamoitumisen estämisessä tarvitaan kansainvälisiä ja paikallisia keinoja

Happamoittavat päästöt ovat Suomessa vähentyneet 1980-luvun lopulta lähtien tehokkaiden torjuntatoimien ansiosta. Tärkein keino happamuuden torjumisessa on maalta ja ilmasta tulevien päästöjen vähentäminen. Rikkidioksidipäästöt aiheutuvat lähes kokonaan energiantuotannosta ja teollisuudesta. Päästöt on saatu pienenemään käyttämällä vähemmän rikkiä sisältävää polttoainetta ja ottamalla käyttöön tehtaiden savukaasujen rikinpoistolaitteita. Nykyisellä tekniikalla rikki saadaan pois savukaasuista jopa yli 90-prosenttisesti. Vuodesta 2009 lähtien EU:n alueen autoliikenteessä on saanut käyttää ainoastaan rikittömiä polttoaineita. Myös laivaliikenteessä ollaan EU:n alueella siirtymässä vähärikkisen polttoaineen käyttöön.

Suurin osa, esimerkiksi Suomessa noin puolet, typen oksidien päästöistä on peräisin liikenteestä. Typen oksideja voidaan poistaa pakokaasuista katalysaattorin avulla, jolloin typen oksidit pelkistyvät vaarattomaksi typpikaasuksi. Parhaimmillaan katalysaattorin käyttö voi vähentää typen oksideja jopa 90 prosenttia. Suomessa katalysaattorit määrättiin pakolliseksi uusiin autoihin vuonna 1992. Typen oksidien päästöt ovat pienentyneet kuitenkin odotettua vähemmän osittain siksi, että autokanta on uusiutunut hitaasti ja yksityisautoilu on lisääntynyt. Lisäksi dieselmoottorien typenoksidipäästöjen puhdistus on hyvin vaikeaa. Hybridi- ja sähköautojen lisääntyminen tulevaisuudessa vähentää sekin liikenteen typen oksidien päästöjä.

Ensiapuna happamoituneelle järvelle voidaan käyttää kalkitsemista. Se on kallis ja tehoton keino, ellei samanaikaisesti myös vähennetä happamoittavia päästöjä. Kalkin neutraloiva vaikutus ei ole kovin pitkäaikainen. Erilaisissa kokeiluissa Suomessa on kalkittu noin 200 järveä. Kalkki voidaan levittää jäälle, jolloin se vajoaa keväällä pohjaan. Jokien ja purojen yläjuoksulle voidaan laittaa kalkkikiviä, joista vesi huuhtoo emäksistä ainesta alajuoksulle. Kalkitsemista voidaan käyttää myös happamoituneissa metsissä.

Vuodesta 2015 alkaen Itämerellä, Pohjanmerellä ja Englannin kanaalissa liikennöivissä laivoissa käytettävän polttoaineen rikkipitoisuus saa olla enintään 0,1 prosenttia. Rikkidioksidipäästöjen vähentämisellä pyritään parantamaan rannikkoseutujen ilmanlaatua sekä pienentämään meriekosysteemeihin ja ihmisten terveyteen kohdistuvaa rasitusta.

TEHTÄVÄT

1. Happamoitumiseen liittyviä käsitteitä

Määrittele seuraavat käsitteet.

a. happamoituminen
b. kuivalaskeuma
c. märkälaskeuma
d. puskurointikyky
e. kriittinen kuormitus
f. harsuuntuminen.

2. Happamoitumisen syitä ja seurauksia

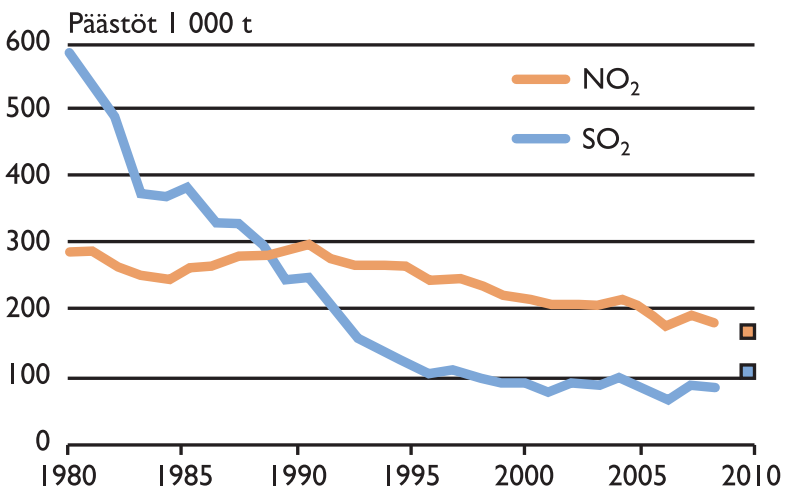
Perustele, miksi

a. järvien vesi on Suomessa happaminta keväällä
b. keväinen vesien happamuus on ongelma monille kalalajeille
c. merten happamoituminen on lisääntynyt
d. jäkälät ovat hyviä bioindikaattoreita
e. lehtipuut kestävät paremmin happamoitumista kuin havupuut
f. Suomen luonto happamoituu herkästi
g. ravut ja simpukat häviävät ensimmäisinä, kun järvi alkaa happamoitua.

3. Rikin ja typen oksidit

Tutki oheista diagrammia.

a. Mitä rikin ja typen oksidien määrille on tapahtunut ja mitkä ovat syynä diagrammin kuvaamaan kehitykseen?
b. Miksi typen oksidien päästöjä on vaikeampi pienentää?



Lähde: Tilastokeskus

4. Jäkäläkartoitus

tt

Tarvikkeet

kartta tutkimusalueesta
kompassi
mittanauha
kynä
piirtoheitinkalvoja
tussi
lomake tulosten kirjaamista varten
jäkälien määritysopas
näytteenottovälineet (pusseja ja pieni veitsi)

Jäkäläkartoituksessa tutkitaan jonkin alueen ilman tilaa arvioimalla männyn runkojäkälien kuntoa ja esiintymistä.

a. Selvitä, miksi runkojäkälien kunnon ja esiintymisen perusteella voi tehdä johtopäätöksiä ilman tilasta.
b. Tee jäkäläkartoitus tutkimusraportteineen.
c. Jos et tee itse jäkäläkartoitusta, selvitä koti- tai koulupaikkakuntasi ympäristöviranomaisilta, onko paikkakunnalla tehty jäkäläkartoitus. Jos kartoitus on tehty, tutustu siihen ja tee raportti, jossa selvität kartoituksen työvaiheet ja tutkimustulokset.

1. Tutkimusalueen valinta

Tutkimusalueeksi voit valita kodin, koulun, teollisuus- tai energiantuotantolaitoksen, kaupungin keskustan tai vilkasliikenteisen tien lähialueen, jossa kasvaa mäntyjä. Jos koko ryhmä tekee jäkäläkartoituksen, on hyvä valita erilaisia alueita. Merkitse valitsemasi alue tai alueet kartalle.

2. Tutkittavien mäntyjen valinta

Valitse tutkimusalueelta satunnaisesti kuusi mäntyä. Mäntyjen tulee olla eläviä, rinnankorkeusläpimitaltaan vähintään 20 cm ja vähintään 3 metriin asti oksattomia.

→

3. Jäkälien peittävyyden tutkiminen

Runkojäkälien peittävyyden arviointiin voidaan käyttää pistematriisimenetelmää. Tee läpinäkyvälle muovikalvolle (esim. kahdelle yhteenliitetylle piirtoheitinkalvolle) tasavälinen ruudukko, jossa on sata viivojen leikkauspistettä. Kiinnitä maastossa ruudukko teipillä tutkimiesi mäntyjen runkoihin 120–160 cm:n korkeudelle puun itä- ja länsipuolelle. Laske, kuinka monessa leikkauspisteessä on jäkälää. Peittävyysarvio on jäkälien peittämien leikkauspisteiden lukumäärä. Kirjaa tulokset muistiin.

4. Jäkälälajien tutkiminen

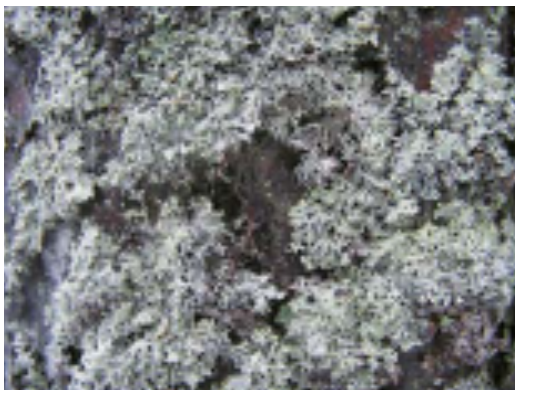
Laske mäntyjen rungoilla esiintyvien jäkälälajien lukumäärä ja erikseen pensasmaisten ja riippuvien (naavat ja lupot) sekä levymäisten ja rupimaisten jäkälien lajimäärä. Nimeä niin monta jäkälää kuin pystyt määrittämään. Voit valokuvata eri lajeja tai ottaa niistä varovasti veitsellä pieni näytteitä ja määrittää lajit myöhemmin luokassa tai kotona.

5. Sormipaisukarvejäkälän kunnon tutkiminen

Tutki sormipaisukarvejäkälän vaurioluokka käyttäen apuna kuvia ja selostuksia. Arvioi vaurioluokka mäntyjen rungoilta 100–200 cm:n korkeudelta itäpuolelta.

6. Tulosten käsittely ja tulkinta

Laske tutkimusalueen kaikista tuloksista keskiarvot. Merkitse tulokset karttaan. Voit käyttää myös itse piirtämääsi tai tulostamaasi karttaa. Tulosten sijoittamisessa voit hyödyntää gps-tietoja. Kirjoita tutkimusraportti, jossa selvität tutkimuksesi tulokset. Jos koti- tai koulukuntasi alueelta on tehty jäkäläkartoitus, vertaa siinä esitettyjä tuloksia omiisi tai ryhmäsi tuloksiin. Pohdi saamiesi tulosten luotettavuutta.



normaali
= luokka 1
jäkälät terveitä
haarovia
ulospäin kurottavia

lievä vaurio
= luokka 2
kitukasvuisia
lieviä värimuutoksia

selvä vaurio
= luokka 3
keskeltä ryppyisiä
vihertäviä tai tummia

paha vaurio
= luokka 4
pieniä
ryppyisiä

1 cm

5. Happamoitumisen tutkiminen yo k-11

Saat tehtäväksesi selvittää, johtuvatko ympäristössä havaitut muutokset happamoitumisesta. Millaisin menetelmin tutkisit mahdollista happamoitumista
a) metsissä, b) järvissä?

+6. Bioindikaattorit yo k-08

Bioindikaattorilajit ovat ympäristömuutosten ilmaisijoita. Selvitä esimerkein, miten ja mihin perustuen bioindikaattorit osoittavat ilman laadun muutoksia, vesien happamoitumista sekä vesistöjen rehevöitymistä.

7. Järvien ekologisen tilan vertailu

Tutkijat selvittivät järvien ekologisen tilan muutoksia neljästä järvestä. Oheisesta taulukosta käyvät ilmi järvien näkösyvyys sekä kalojen ja äyriäisten koekalastuksilla saadut keskimääräiset järvikohtaiset yksilömäärät vuosina 1985 ja 2010.

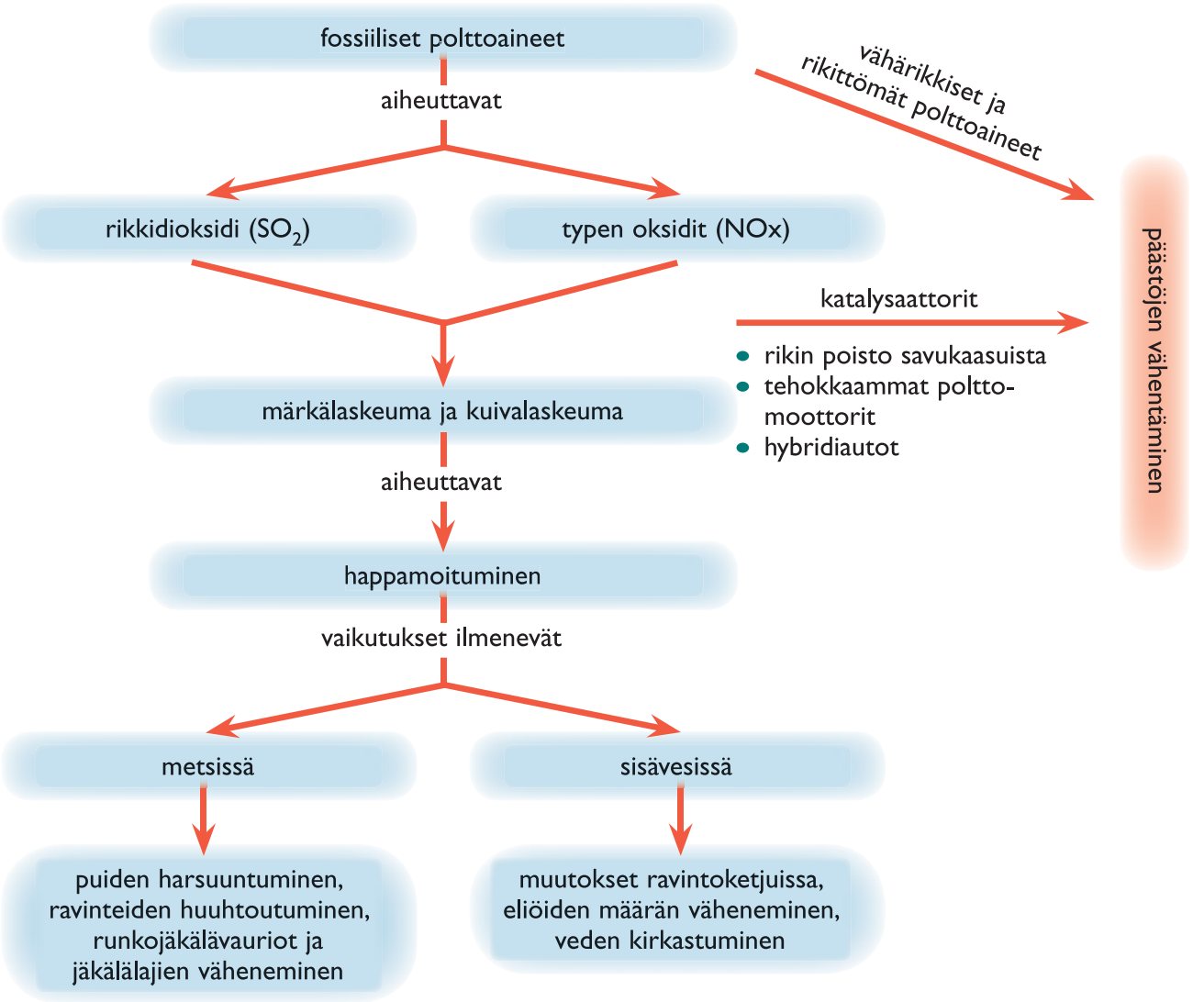
a. Mitä voit päätellä taulukon tietojen avulla järvien ekologisen tilan muutoksista vuosien 1985 ja 2010 välisenä aikana?
b. Mistä muutokset johtuvat?
c. Mitkä tekijät ovat vaikuttaneet täplä- ja jokirapujen määriin Pyhäjärvessä, Ahvenlammessa ja Pitkäjärvessä?

Järvien ekologisen tilan vertailu

	Pyhäjärvi		Ahvenlampi		Pitkäjärvi		Kivijärvi	
	1985	2010	1985	2010	1985	2010	1985	2010
näkösyvyys (m)	**6**	**15**	**9**	**7**	**10**	**9**	**5**	**2**
ahven (kpl)	13	21	12	14	10	11	5	2
hauki	6	2	–	1	–	1	1	–
made	4	–	2	1	–	–	–	–
särki	22	2	2	3	3	2	7	28
lahna	12	–	–	–	–	–	1	15
järvitaimen	–	–	–	–	2	1	–	–
täplärapu	8	–	7	12	–	–	–	–
jokirapu	2	–	2	–	3	2	–	–

Yhteenveto

Happamoituminen



Avainsanat

bioindikaattori
happamoituminen
happamuus
harsuuntuminen
hiilihappo
jäkäläautio
kaukokulkeutuminen
kriittinen kuormitus
kuivalaskeuma
märkälaskeuma
puskurointikyky
rikkidioksidi
typen oksidi

8.

Ympäristömyrkyt ovat elolliselle luonnolle haitallisia aineita

Ympäristömyrkkyjä on niin Etelämantereen pingviineissä, valtamerten pohjissa kuin kotipihan hiekkalaatikossakin. Ihmisen toiminnan seurauksena näitä aineita on joutunut lähes kaikkiin ravintoketjuihin. Uusia myrkkyjä löytyy myös jatkuvasti lisää tarkempien analyysitekniikoiden ansiosta. Toisaalta monien ympäristössä tavattavien haitallisten aineitten määrä on viime aikoina vähentynyt, koska ongelma on tiedostettu ja siihen on reagoitu. Tämä osoittaa, että maapallon myrkkyongelma on ratkaistavissa, mutta se vaatii paljon tahtoa ja yhteistyötä.

Myrkylliset aineet vaikuttavat haitallisesti ekosysteemissä

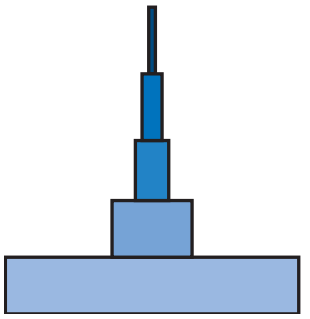
Yleensä ympäristömyrkyillä tarkoitetaan raskasmetalleja ja ihmisen tuottamia haitallisia orgaanisia yhdisteitä. Kun näitä aineita leviää luontoon, ne kiertävät elottomassa luonnossa maaperässä, vedessä ja ilmassa sekä elollisessa luonnossa ravintoketjujen muodostamissa ravintoverkoissa. Lisäksi myrkyt hajoavat hyvin hitaasti tai eivät hajoa lainkaan luonnossa, koska hajottajaeliöt eivät kykene pilkkomaan niitä. Monet ympäristömyrkyt kertyvät herkästi eliöiden elimistöön, eli niitä on enemmän eliön kudoksissa tai solukoissa kuin sen elinympäristössä. Tätä kertymistä tapahtuu niin yksilössä kuin ravintoketjussa. Ravintoketjussa tapahtuvaa ympäristömyrkkyjen kertymistä sanotaan rikastumiseksi. Kun ympäristömyrkky rikastuu, sen pitoisuus eli määrä yksilössä kasvaa mentäessä kohti ravintoketjun huippua. Huipulla olevan pedon elimistössä myrkkypitoisuus voi nousta jopa 10 miljoonaa kertaa suuremmaksi kuin myrkyn pitoisuus sen elinympäristössä.

Eliöt ovat evoluutionsa kuluessa sopeutuneet useimpiin aineisiin, joita esiintyy niiden luonnollisessa elinympäristössä. Esimerkiksi jotkin kasvinsyöjät kykenevät käyttämään myrkyllisiäkin kasveja ravinnokseen, koska niiden elimistössä on myrkkyjen hajottamiseen tarvittavia entsyymejä. Sen sijaan osa ihmisen tuottamista kemikaaleista on monille eliöille myrkyllisiä, koska niiden aineenvaihdunta ei ole kehittynyt tuottamaan sellaisia entsyymejä, jotka hajottavat nämä uudet myrkyt vaarattomiksi. Jotkin näistä aineista voivat olla eliöille vaarallisia jo hyvin pieninä annoksina. Ympäristömyrkyt aiheuttavat toimintahäiriöitä soluissa ja kudoksissa, koska ne usein kiinnittyvät entsyymeihin tai hormoneihin ja estävät niiden normaalin toiminnan. Ne voivat lisäksi vaurioittaa solurakenteita tai DNA:ta.

Joidenkin aineiden vaikutus eliöihin on niin hidasta, että niiden merkitys eliöyhteisössä näkyy vasta vuosien kuluessa. Haitallisuus voi perustua myös monien aineitten yhteisvaikutukseen, jolloin vaikutusten tunnistaminen tai ennustaminen on vaikeaa. Ympäristömyrkyt eivät vaikuta kaikkiin lajeihin tai edes saman lajin yksilöihin aina samalla tavalla. Jotkut lajit sietävät niitä paremmin kuin toiset. Jos jokin nopeasti lisääntyvä populaatio esimerkiksi altistuu jatkuvasti myrkylle, se voi kehittyä luonnonvalinnan seurauksena tätä myrkkyä sietäväksi. Esimerkiksi DDT-hyönteismyrkkyä käytetään niin runsaasti trooppisilla malaria-alueilla, että DDT:lle vastustuskykyisiä malariasääskikantoja on syntynyt lukuisia eri puolilla maailmaa.

Ympäristömyrkkyjen vaikutuksia

solu	• entsyymien toimintahäiriöt • mutaatiot • syöpäsolujen synty
yksilö	• sikiön epämuodostumat • kasvuhäiriöt • hormonitoiminnan häiriöt • hermoston toimintahäiriöt • maksan ja munuaisten vaurioituminen • vastustuskyvyn heikkeneminen • lisääntymiskyvyn heikkeneminen • kasvaimet
populaatio ja eliö-yhteisö	• muutoksia populaatiotiheyksissä • huippupetojen kannan romahduksia • rikastuminen ravintoketjussa • muutoksia lajien välisissä suhteissa



Elimistössä hitaasti hajoavat ympäristömyrkyt rikastuvat ravintoketjussa, koska ravinnon mukana ne siirtyvät tuottajilta kuluttajille ja pitoisuudet kasvavat mentäessä kohti ravintoketjun huippua. Halli eli harmaahylje on ravintoketjun huippupeto. Se käyttää ravinnokseen 5–7 kg kalaa vuorokaudessa, ja se voi elää yli 30-vuotiaaksi. Niinpä vanhan hallin maksaan ja rasvakudoksiin ehtii varastoitua runsaasti ympäristömyrkkyjä, vaikka niiden pitoisuudet eivät olisi sen saalistusvesillä kovinkaan korkeat.

Raskasmetallit eivät hajoa luonnossa

Tiheydeltään suurimmat metallit luokitellaan kuuluviksi raskasmetalleihin. Niihin kuuluu noin 60 alkuainetta, joita esiintyy normaalistikin kallio- ja maaperässä. Osa näistä aineista muuttuu haitallisiksi, kun ne joutuvat ihmisen vaikutuksesta elottomasta luonnosta elollisen luonnon kiertoon. Raskasmetallit eivät hajoa, joten ne voivat säilyä ikuisesti biologisessa aineiden kierrossa kerran sinne jouduttuaan. Osa niistä kuitenkin poistuu kierrosta varastoitumalla järvien ja merien pohjasedimentteihin, sitoutumalla maahiukkasiin tai kulkeutumalla veden mukana syvälle maahan. Eliöille haitallisimpia raskasmetalleja ovat elohopea (Hg), kadmium (Cd) ja lyijy (Pb).

Elohopea aiheuttaa ongelmia vesistöissä

Elohopea muodostaa helposti erilaisia yhdisteitä ja liikkuu nopeasti veden, ilman ja maaperän välillä. Lisäksi bakteerit voivat muuttaa alkuaine-elohopean vedessä ja maassa orgaaniseksi metyylielohopeaksi, joka on alkuperäistä paljon myrkyllisempi aine, koska se sitoutuu helposti eliön proteiineihin. Metyylielohopea on ravintoketjussa rikastuva metalli, ja näin sen kohtalaisen pienetkin pitoisuudet ympäristössä kasvavat suuriksi ravintoketjun huipulla. Liikkuvuus ja nopeat kemiallisen rakenteen muutokset tekevät elohopeasta hyvin hankalan ympäristömyrkyn. Nisäkkäillä se aiheuttaa myrkytysoireita, jotka voivat johtaa pysyviin hermostovaurioihin.

Suomessa elohopea on ongelmallinen aine ennen kaikkea vesiekosysteemeissä. Aikaisemmin sitä päätyi merkittäviä määriä vesiin puunjalostusteollisuuden jätevesien mukana. Nykyisin elohopeaa joutuu luontoon pääasiassa klooritehtaista sekä kivihiiltä poltettaessa, jolloin aine voi kulkea pitkiäkin matkoja ilmassa, ennen kuin se laskeutuu maahan tai veteen. Maaperän myllertäminen, ja erityisesti maaperän joutuminen veden alle, vapauttaa maahiukkasiin aiemmin sitoutuneen elohopean ja aiheuttaa sen kulkeutumisen vesistöihin. Näin on tapahtunut esimerkiksi Lokan suurella tekoaltaalla Lapissa, missä kalojen elohopeapitoisuudet ovat olleet korkeammat kuin luonnonvesistä pyydettyjen kalojen.

Japanin Minamatalahden tapaus vuonna 1952 herätti monet ensimmäistä kertaa pohtimaan ihmisen vaikutusta ympäristöön ja sitä kautta omaan terveyteensä. Paikallinen kemian tehdas laski elohopeapitoista jätevettä merenlahteen vuosikausia saastuttaen lahden kalat elohopealla. Kala on alueella tärkeä ravinnonlähde, ja ruoan mukana elohopeaa joutui ihmisiin. Väestössä puhkesi epidemian kaltainen hermosairaus. Yli tuhat ihmistä sai pysyviä keskushermostovaurioita. Oikeudenkäynnit kemian tehdasta vastaan jatkuivat pitkälle 1990-luvulle asti.

Vaikka pistemäisistä lähteistä peräisin olevat elohopeapäästöt ovat vähentyneet selvästi, metsien avohakkuualueilta ja ojitetuista soista valuu edelleen elohopeaa vesistöihin. Eliöiden elohopeapitoisuudet ovat siis pysyneet ennallaan tai laskeneet vain vähän. Siksi suositellaan, että esimerkiksi sisävesistä pyydettyjä haukia käytettäisiin ravinnoksi vain muutaman kerran kuukaudessa.

Kivihiili sisältää elohopeaa, joka vapautuu ilmaan hiiltä poltettaessa. Elohopeaa voidaan kuitenkin suodattaa tehokkaasti ja näin vähentää ilman mukana tulevaa kuormitusta.

EU:ssa käytetään suuria määriä kadmiumia sisältäviä akkuja ja paristoja, joista kierrätetään noin 15 prosenttia. Suomessakin suurin osa elektronisten laitteiden akuista ja paristoista päätyy edelleen kaatopaikoille ja jätteenpolttolaitoksiin, missä ne lisäävät laitosten kadmium-, elohopea- ja lyijypäästöjä ilmaan, veteen ja maaperään. Nykyteknologialla akkujen ja paristojen raskasmetallit on mahdollista hyödyntää metalliteollisuudessa uudelleen lähes täysin.

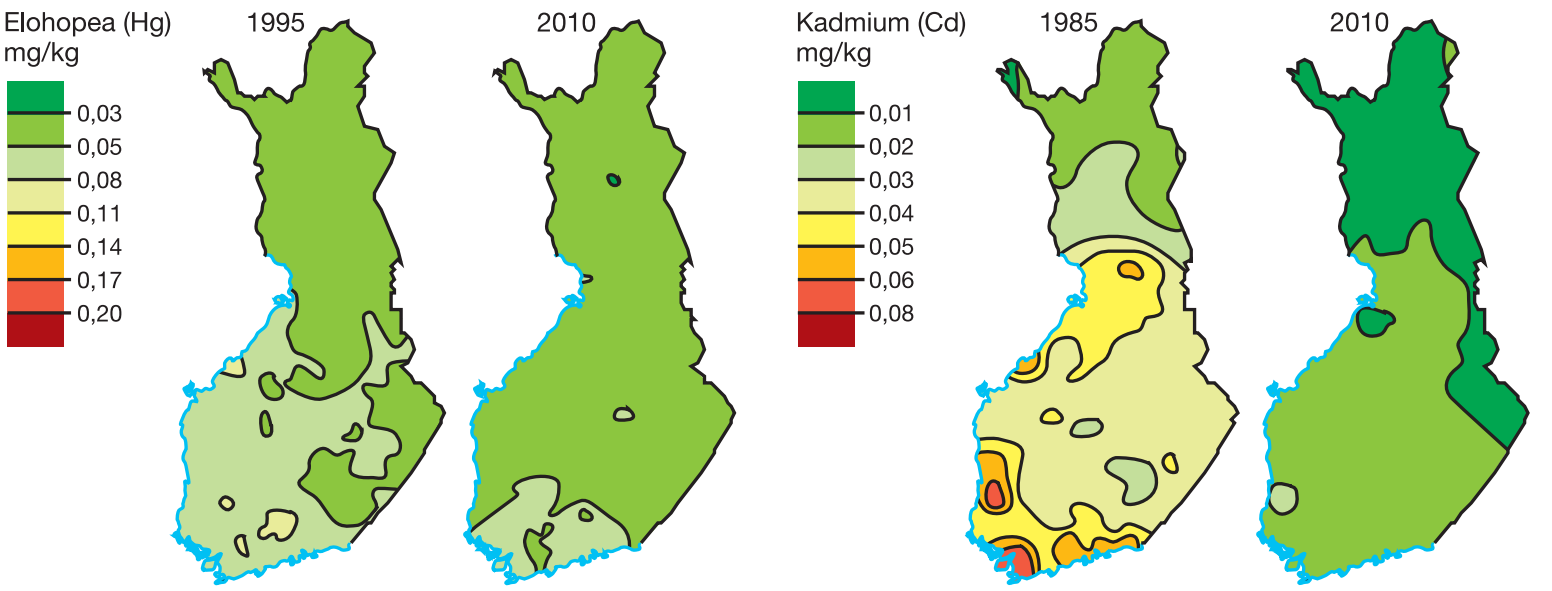
Kadmium on maaperässä pitkään säilyvä raskasmetalli

Kadmiumia joutuu elolliseen luontoon monista eri lähteistä. Sitä käytetään muun muassa paristoissa, nikkeli-kadmiumakuissa, PVC-muoveissa ja väriaineissa. Lisäksi sitä joutuu luontoon fosforilannoitteiden mukana. Kadmium ei ole alkuaineena yhtä myrkyllinen kuin elohopea, mutta se poistuu erittäin hitaasti elimistöstä. Esimerkiksi ihmiskehoon tänään joutuneesta kadmiumista on jäljellä 20 vuoden päästä vielä puolet. Nisäkkäillä tätä raskasmetallia kerääntyy pääasiassa maksaan ja munuaisiin, joissa suuret määrät kadmiumia aiheuttavat vajaatoimintaa. Esimerkiksi hirven maksaa ei suositella syötäväksi, vaikka hirven lihaa voi huoletta syödä. Kadmium on myös karsinogeeni, eli se aiheuttaa syöpää. Tupakka sisältää kadmiumia, ja siten tupakointi lisää kadmiumin määrää elimistössä.

Suomessa kadmiumia joutuu maaperään monta kertaa enemmän kuin vesistöihin. Maaperän kadmium on peräisin ilmasta, lannoitteista sekä paikallisesti esimerkiksi romuautoista ja hylätyistä akuista. Kadmiumpäästöt ovat vähentyneet ja vähenevät edel-

leen, kun muun muassa metallinjalostusteollisuus on alkanut puhdistaa päästönsä paremmin. Elinympäristön ja eliöiden kadmiumpitoisuudet eivät kuitenkaan ole toistaiseksi laskeneet merkittävästi, koska tämä ympäristömyrkky on hyvin pysyvä. On myös esitetty, että happamoituminen saa maaperään aikojen kuluessa sitoutuneen kadmiumin jälleen liikkeelle, jolloin se joutuu kasveihin ja ravintoketjun mukana eteenpäin kuluttajiin ja hajottajiin. Suomen tilanne on kuitenkin teollisuusmaiden parhaita, koska peltoja lannoitettaessa käytetään vähäkadmiumista fosfaattia ja teollisuuden pistekuormitusta on saatu vähennettyä.

Jotkin kasvit kykenevät perinnöllisesti sopeutumaan suureen raskasmetallipitoisuuteen. Kasvien metallinsietokyky onkin esimerkki luonnonvalinnan toiminnasta. Normaalisti runsaasti raskasmetalleja sisältävillä kasvupaikoilla kasvien kasvu ja lisääntyminen häiriintyvät. Näissä olosuhteissa luonnonvalinta alkaa suosia yksilöitä, jotka kestävät raskasmetalleja muita paremmin, koska niiden solut korjaavat tietyn raskasmetallin vaikutuksen. Sietokyky voidaan saavuttaa toisinaan yhden geenimutaation seurauksena. Esimerkiksi nurmiröllistä (Agrostis capillaris) tunnetaan raskasmetalleja sietäviä populaatioita, jotka kasvavat kaivosalueilla.



Metsäntutkimuslaitos on mitannut eri puolilta Suomea metsäsammalten ympäristömyrkkypitoisuuksia ja tuottanut mittausaineiston avulla karttoja muun muassa raskasmetallien määristä eri alueilla. Kaikkein myrkyllisimpien, helposti ilmassa kulkeutuvien lyijyn, kadmiumin ja elohopean laskeuma on nykyisin vähäinen koko Suomessa. Raskasmetallilaskeuman väheneminen johtuu kotimaisten päästöjen ja kaukokulkeuman pienenemisestä.

Lyijy on keskushermostoon vaikuttava myrkky

Lyijyä vapautuu ympäristöön erityisesti teollisuudesta ja liikenteestä. Muiden raskasmetallien tavoin lyijy voi kulkeutua hyvin pitkiä matkoja ilmavirtausten mukana. Samoin kuin elohopea lyijykin vaikuttaa eläinten keskushermostoon. Lisäksi se aiheuttaa kasvuhäiriöitä ja elimistön puolustusjärjestelmän heikkenemistä. Erityisen herkkiä lyijymyrkytykselle ovat kasvuiässä olevat lapset, koska heidän hermostonsa on vasta kehittymässä.

Lyijyä joutuu nykyisin ympäristöön huomattavasti aikaisempaa vähemmän. Suomessa liikenteen päästöt on saatu lyijyttömän bensiinin avulla loppumaan, ja metallisulattamoiden ja akkuteollisuuden päästöt ovat vähentyneet merkittävästi. Myös vesilintujen metsästykseen käytettyjen lyijyhaulien kieltäminen vuodesta 1996 alkaen on vähentänyt kuormitusta 1 600 tonnilla vuodessa, vaikka muussa metsästyksessä lyijyhauleja saakin edelleen käyttää. Vaikka lyijylaskeuma on vähentynyt, maaperän lyijypitoisuudet säilyvät vielä pitkään ennallaan. Lyijy sitoutuu tehokkaasti humukseen eikä liiku maaperässä herkästi.

Pakokaasujen haitallisia vaikutuksia ympäristöön on saatu vähennettyä poistamalla polttoaineista haitallisia aineita, kuten lyijy ja suurin osa rikistä. Pakokaasuissa on kuitenkin yhä edelleen paljon ilman laatua heikentäviä aineita, kuten typen oksideja, hiilimonoksidia ja mikrohiukkasia.

Kainuussa sijaitsevan Talvivaaran kaivoksen prosessivesialtaasta löydettiin kymmeniä kuolleita naurulokkeja, telkkiä ja heinäsorsia keväällä 2012. Kaivosalueelta löytyneet linnut kuolivat myrkytykseen. Eviran (Elintarviketurvallisuusvirasto) tekemissä tutkimuksissa linnuista löytyi sisäelinvaurioita ja isoja pitoisuuksia raskasmetalleja, kuten nikkeliä ja sinkkiä. Talvivaaran ongelmat eivät kuitenkaan päättyneet tähän. Jätevesiä pääsi myös lähialueiden vesistöihin. Marraskuussa 2012 Talvivaaran lähivesistä pyydystettyjen kalojen kiduksissa havaittiin vähäisiä kudosmuutoksia.

Orgaaniset ympäristömyrkyt ovat vahingollisia jo pieninä pitoisuuksina

Eliöt eivät kykene hajottamaan monia ihmisen valmistamia orgaanisia yhdisteitä. Niinpä niiden hajoaminen luonnossa on hyvin hidasta, ja ne ovatkin käytännössä usein yhtä pysyviä kuin raskasmetallit. Eräät näistä ihmisen tuottamista rasvaliukoisista orgaanisista yhdisteistä voivat kertyä eliöihin ja aiheuttaa ongelmia niiden elintoiminnoissa. Ne häiritsevät ravintoketjujen toimintaa jo pieninä pitoisuuksina ja voivat kulkea hyvinkin pitkiä matkoja veden ja ilman mukana. Kaikkein haitallisimpiin orgaanisiin ympäristömyrkkyihin, niin kutsuttuihin POP-yhdisteisiin (Persistent Organic Pollutant), kuuluvat muun muassa DDT, PCB-yhdisteet ja dioksiinit.

Hyönteismyrkyksi valmistettu DDT on aiheuttanut suuria ongelmia

DDT kehitettiin hävittämään malariasääskiä ja viljelykasvien tuhohyönteisiä. Kuitenkin sille ovat samaan aikaan joutuneet alttiiksi muutkin kuin kohdelajit, koska DDT ei tapa valikoivasti. Monien ihmisellekin hyödyllisten hyönteislajien tuhoutuminen on muuttanut ravintoverkkoja. Ongelmaksi on myös muodostunut tuhohyönteisten muuttuminen vähitellen vastustuskykyisiksi DDT:lle, mikä on johtanut yhä suurempien myrkkymäärien käyttöön.

DDT:n tiedetään aiheuttavan ravintoketjun huippupedoissa lisääntymishäiriöitä, ja se oli pääsyynä esimerkiksi merikotkakannan romahtamiseen Itämeren alueella 1960- ja 70-luvulla. Tämä voimakas ympäristömyrkky hajottaa sukupuolihormoneja, vaikuttaa maksan entsyymitoimintaan ja on myös karsinogeeni, eli syöpää aiheuttava aine. DDT varastoituu eläinten rasvakudoksiin ja säilyy siellä pitkään. Esimerkiksi norpan elimistössä on paljon rasvaa. Koska norppa on myös pitkäikäinen ja ravintoketjun huipulla oleva eläin, siihen ehtii sen elinaikana rikastua suuret määrät DDT:tä ja muita orgaanisia ympäristömyrkkyjä.

Sveitsiläinen kemisti Paul Hermann Müller keksi vuonna 1939 käyttää DDT:tä hyönteismyrkkynä ja sai keksinnöstään myöhemmin lääketieteen Nobelin palkinnon. Toisen maailmansodan jälkeen DDT:tä ryhdyttiin käyttämään runsaasti malariaa, kuumetautia ja muita sairauksia levittäviä hyönteisiä vastaan. Tämän jälkeen sen käyttö levisi maatalouteen, missä aine osoittautui erittäin tehokkaaksi tuhohyönteisten torjunnassa. Lisäksi ihmisen loisia alettiin myrkyttää DDT:llä. Vasta 1970-luvulla ymmärrettiin keksinnön laajat, haitalliset ympäristövaikutukset.

Suomalaisten eläinten DDT-pitoisuudet ovat vähentyneet suuresti sitten 1970-luvun. Tärkein syy tähän on aineen käyttökielto Suomessa ja useimmissa muissakin teollisuusmaissa. Ilmavirtausten mukana tänne kulkeutuu kuitenkin edelleen jonkin verran DDT:tä. Kehittyvissä maissa DDT on monin paikoin iso ongelma. Esimerkiksi malaria-alueilla sitä käytetään yhä edelleen suuria määriä sääskien hävittämiseen, koska se on tehokas ja halpa keino.

PCB-yhdisteet ovat pitkäikäisiä ja erittäin haitallisia

PCB-yhdisteet eli polyklooratut bifenyylit ovat ihmisen valmistamia synteettisiä yhdisteitä, joita on käytetty muun muassa sähkölaitteiden eristeissä, kondensaattoreissa ja muuntajissa. PCB-yhdisteitä on olemassa yli 200, ja toisin kuin DDT:tä, niitä ei ole valmistettu tietoisesti myrkyllisiksi. Siitä huolimatta nämä orgaaniset yhdisteet ovat osoittautuneet erittäin haitallisiksi ja pitkäikäisiksi ympäristömyrkyiksi. Esimerkiksi merenpohjan kerroksissa ne voivat säilyä jopa satoja vuosia.

DDT:n tavoin PCB-yhdisteet kertyvät rasvaliukoisina hyvin helposti eliöihin ja rikastuvat ravintoketjuissa. Vaikka PCB-yhdisteet eivät aiheuta eläimissä äkillisiä myrkytysoireita, niiden vaikutus jatkuu pitkään. Ne aiheuttavat muun muassa syöpää ja heikentävät lisääntymiskykyä. Esimerkiksi valtaosalla Itämeren norppanaaraista esiintyi 1970-luvulla hedelmällisyyttä heikentävää kohdunkuroumaa. Taudin tärkein aiheuttaja olivat PCB-yhdisteet. Nykyisin norppien tulevaisuus näyttää valoisammalta. Nuorilla naarailla ei juurikaan esiinny kohdunkuroumaa, koska PCB -pitoisuuksia on saatu vähennettyä käyttökiellon ansiosta. PCB-yhdisteitä tihkuu kuitenkin ympäristöön lukuisista vanhoista muuntajista, jääkaapeista, pakastimista ja muista laitteista, jotka ruostuvat hitaasti siellä, mihin ne on satuttu hylkäämään.

Monet pedot ovat kärsineet ympäristömyrkkyjen kertymisestä elimistöönsä. Suomen merikotkakanta on saatu kasvuun siten, että merikotkia on talvisin ruokittu myrkyttömällä lihalla. Laajemmin ympäristömyrkkyongelmaan voidaan vaikuttaa kansallisella ja kansainvälisellä lainsäädännöllä, joka kieltää ympäristölle vaarallisten kemiallisten aineiden käytön.

Dioksiinit ovat supermyrkkyjä

Osaa ympäristömyrkyistä kutsutaan supermyrkyiksi. Ne ovat erittäin myrkyllisiä yhdisteitä, joita syntyy sivutuotteina teollisuudessa sekä orgaanisen kloori-pitoisen aineen, kuten PCB:n, palaessa alhaises-sa lämpötilassa. Dioksiinit kuuluvat näihin super-myrkkyihin. Ne imeytyvät eliöihin keuhkojen, ihon ja ruuansulatuselimistön kautta ja saavat aikaan monia häiriöitä elimistössä. Jo pienet pitoisuudet voivat aiheuttaa maksa- ja haimavaurioita, muutoksia hormonitoiminnassa sekä häiriöitä elimistön puolus-tusjärjestelmissä. Lisäksi ne voivat aiheuttaa syöpää kertyessään elimistöön pitkäksi aikaa.

Itämeren silakoiden dioksiinipitoisuudet ovat korkeita. Kaloissa olevan dioksiiniyhdisteen alkuperää ei tiedetä varmasti, mutta alustavien arvioiden mukaan se on peräisin ilmasta. Silakka on rasvainen kala, joten sen kudoksiin kertyy dioksiineja enemmän kuin esimerkiksi ahveneen. Silakoiden mahdollinen vaarallisuus terveydelle tuli laajaan tietoisuuteen, kun EU kielsi silakan viennin vuonna 2002, koska kalojen dioksiinipitoisuudet ylittivät asetetut kriittiset arvot. Suomi ja Ruotsi saivat jatkaa silakan pyyntiä poikkeusluvalla vuoteen 2006, ja vuonna 2011 lupa muutettiin pysyväksi. Silakan myrkkypitoisuudet ovat vähentyneet, ja muiden elintarvikkeiden dioksiinipitoisuudet ovat Suomessa ja Ruotsissa alhaiset. Siksi kohtuullisesta silakoiden syönnistä on terveysviranomaisten mielestä enemmän hyötyä kuin haittaa.

Dioksiinit on tunnettu ympäristömyrkkyinä vähemmän aikaa kuin DDT ja PCB-yhdisteet. Dioksiinit ovat myös edellä mainittuja ongelmallisempia, koska niitä syntyy metalli- ja puunjalostusteollisuudessa sekä kaikkialla siellä, missä tuli pääsee käsiksi kloorattuihin hiilivetyihin. Siten niille ei voi varsinaisesti asettaa käyttökieltoja, joilla ne saataisiin vähitellen pois ympäristöstä. Lisäksi ilmavirtaukset kuljettavat dioksiineja ja muita vastaavia ympäristömyrkkyjä maasta toiseen. Napa-alueiden kannalta erityisen ongelmallista on, että tuulet puhaltavat lämpimämmiltä alueilta napoja kohden tuoden mukanaan ilmaan haihtuneita myrkkyjä. Viileässä ilmassa myrkyt tiivistyvät ja kertyvät ekosysteemien ravintoketjuihin.

Orgaanisten ympäristömyrkkyjen käyttö pyritään estämään kansainvälisin sopimuksin

Vuonna 2001 hieman alle sata valtiota allekirjoitti POP-yhdisteiden valmistusta, vientiä ja tuontia koskevan sopimuksen Tukholmassa. Sen tarkoituksena on saada olemassa olevat orgaaniset ympäristömyrkyt korvattua vähemmän haitallisilla aineilla ja estää uusien myrkkyjen kehittämistä. Tukholman sopimus käynnisti useita toimia, joiden seurauksena POP-yhdisteiden määrä on monilla alueilla merkittävästi vähentynyt. Vuonna 2012 allekirjoittaneita valtioita oli 178 ja esimerkiksi Euroopan unionin alueella alkuperäiseen kiellettyjen aineitten listaan oli lisätty monia uusia orgaanisia ympäristömyrkkyjä.

Orgaanisia tinayhdisteitä on valmistettu teollisesti yli 50 vuotta. Niitä on käytetty suuria määriä veneiden ja laivojen pohjamaaleissa estämässä levien ja merirokkojen kasvua. Kiinnostus tähän ympäristömyrkkyyn heräsi Helsingin Vuosaaren suursataman rakentamisen yhteydessä. Kun satama-allasta ruopattiin, pohjasedimenteistä vapautui runsaasti vuosien mittaan kasautuneita tinayhdisteitä lähivesiin. Alueen kaloissa on havaittu niin korkeita myrkkypitoisuuksia, että ne eivät sovellu ihmisravinnoksi. Nykyisin tinayhdisteiden käyttö on kokonaan kielletty laivojen pohjamaaleissa EU:n alueella.

Öljy on meriekosysteemien pahimpia uhkaajia

Öljy kuuluu pahimpiin ympäristömyrkkyihin, koska sitä käytetään runsaasti. Öljyn joutuminen meriin uhkaa monia vesi- ja rantaekosysteemejä ympäri maapalloa. Raakaöljy sisältää tuhansia hiilivetyjä, joista myrkyllisimmät ovat PAH-yhdisteitä (polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä). Ne ovat rasvaliukoisia, joten ne pääsevät eliöihin suoraan ihon läpi tai ravinnon mukana ruuansulatuskanavan seinämien läpi. PAH-yhdisteet aiheuttavat solu- tai kudosmuutoksia, joiden seurauksena voi muodostua syöpäkasvain. Elintoimintoihin kohdistuvien häiriöiden lisäksi öljy tarttuu herkästi nisäkkäiden turkkiin ja lintujen höyhenpeitteeseen. Öljyn tahrimien eläinten veden- ja lämmöneristyskyky heikkenee, ja ne kuolevat kylmyyteen.

Öljyyn tahriintunut lintu voidaan puhdistaa nykyisin tehokkaasti. On laskettu, että puhdistuksen jälkeen noin 95 prosenttia linnuista jää henkiin. Suurien öljyonnettomuuksien jälkeen lintuja tahriintuu kuitenkin jopa satoja tuhansia, joten puhdistajia ei yksinkertaisesti riitä kuin pienen osan pelastamiseen.

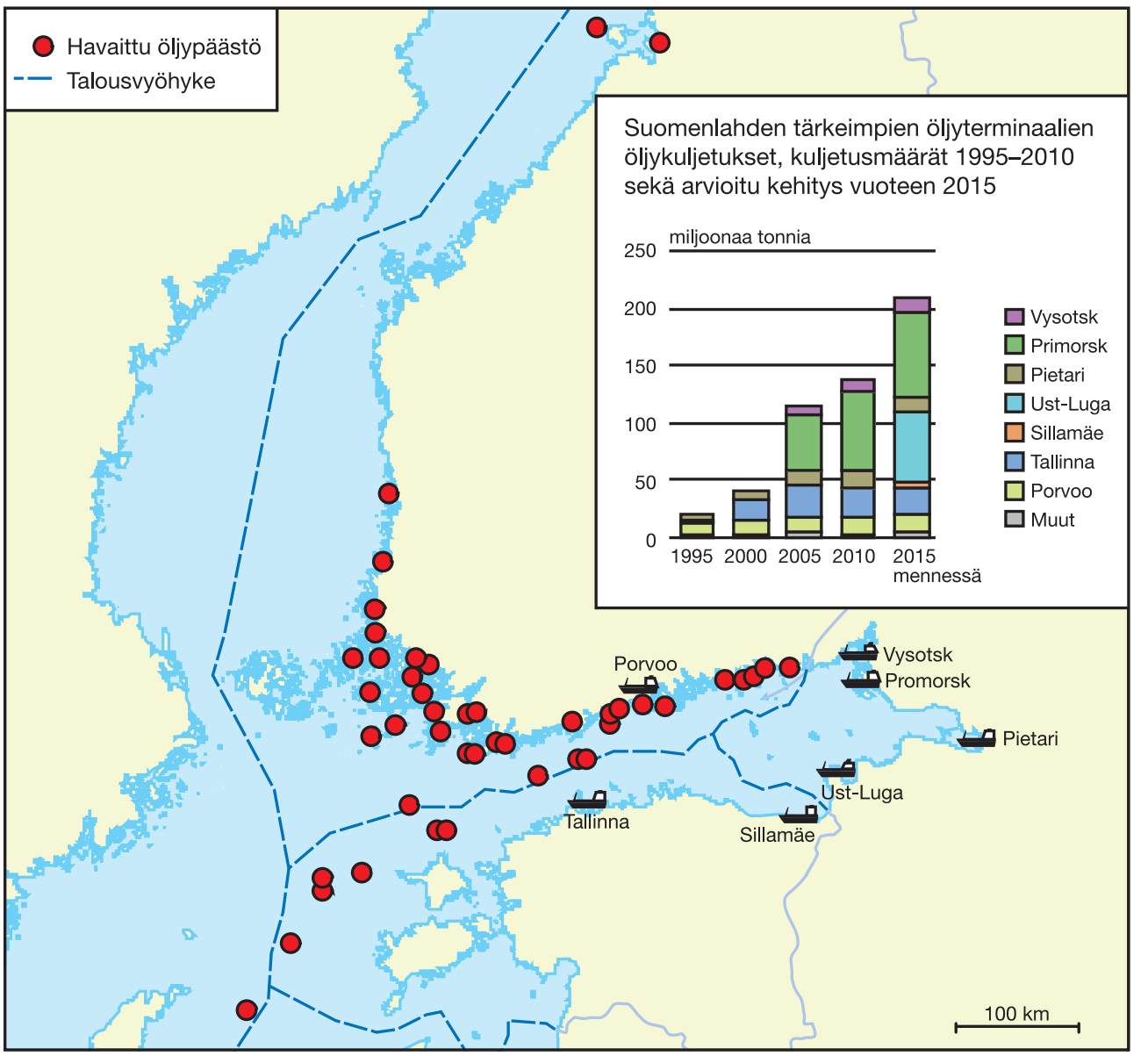
Eri eliölajien öljynsietokyky vaihtelee. Monet herkät merenpohjan lajit, kuten valkokatka, voivat hävitä suuren öljypäästön seurauksena kokonaan. Paremmin öljyä sietävät lajit voivat jopa lisääntyä kilpailun vähennyttyä, jolloin alueen lajisto muuttuu. Vähälajisissa ympäristöissä, kuten Itämeressä, yhdenkin lajin katoaminen voi aiheuttaa dramaattisia seurauksia ravintoverkkoihin. Jos öljyä joutuu kesällä mereen suuria määriä, se voi estää lähes täysin kasvi- ja eläinplanktonin lisääntymisen. Vaikka plankton uusiutuu varsin nopeasti öljyn hävittyä, lyhytaikaisetkin muutokset ravintoketjun alkupäässä voivat romahduttaa planktonia ravintonaan käyttävien lajien kannat. Esimerkki tällaisesta lajista on silakka. Öljy tuhoaa myös kalojen kutupaikkoja, jolloin vaikutukset moniin kalapopulaatioihin voivat olla pitkäaikaisia.

Normaalisti ekosysteemi toipuu öljyonnettomuudesta noin kymmenessä vuodessa. Erityisen haavoittuvia ekosysteemeitä ovat kuitenkin arktiset meriekosysteemit ja Itämeri. Kylmään tai jäiseen veteen vuotanut öljy hajoaa huomattavasti hitaammin, joten arktisten merialueiden toipuminen voi viedä kymmeniä vuosia.

Öljyonnettomuudet edustavat vain noin kymmentä prosenttia maailman merien öljykuormituksesta. Suurempi ympäristöuhka on laivojen öljytankkien huuhteleminen merialueilla. Maailmalla valutetaan meriin tahallaan noin miljoona tonnia öljyä, mikä vastaa 15 jättitankkerin öljysäiliön tyhjentämistä. Vielä suurempi osa meriin joutuneesta öljystä on kuitenkin peräisin maalta. Esimerkiksi Itämeren öljystä noin 60 prosenttia tulee jokien valumavesien mukana.

Meriin päätyvää muovijätettä on arvioitu yhdeksi aikamme pahimmaksi luonnonkatastrofiksi. Muovi on jalostettu öljystä, ja se voi sisältää erittäin vaarallisia ympäristömyrkkyjä. Muovista irtoavat myrkyt voivat kalojen kautta päätyä myös ihmiseen. Laivoista sekä jokien ja virtojen mukana meriin päätyy joka vuosi miljoonia tonneja muovia. Läpimitaltaan 0,002–0,2 millimetrin kokoiset muovihiukkaset ovat niin pieniä, että ne ohittavat puhdistuslaitosten suodattimet ja päätyvät vesistöihin. Hiukkaset ovat peräisin kosmetiikasta, maaleista ja pyykinpesusta. Esimerkiksi kierrätysmuovista tehdyissä fleecekankaissa on paljon tällaisia hiukkasia. Aina kun fleecepusero pestään, siitä irtoaa liki kaksituhatta muovinpalaa.

Havaitut öljypäästöt Suomen aluevesillä ja lähialueilla vuonna 2012



Vuonna 2010 Suomenlahdella kuljetettiin öljyä suurissa säiliöaluksissa yli 150 miljoonaa tonnia, mikä on monta kertaa enemmän kuin Suomen vuotuinen öljyn tuonti. Luvun arvellaan kasvavan tästä edelleen hyvin nopeasti, kun uusia öljysatamia otetaan käyttöön. Samalla suuronnettomuuden riski kasvaa. Lisäksi Itämerellä arvioidaan syntyvän tahallisia, öljytankkien huuhtomisesta johtuvia päästöjä 50–800 vuodessa. Tämä vuosittainen kuormitus on suurempi kuin kaikkien tähän mennessä Itämerellä tapahtuneiden öljyonnettomuuksien kuormitus yhteensä.

Ympäristömyrkkyjä tutkitaan maastossa ja laboratorioissa

Jotta ympäristömyrkkyjen haitallisia vaikutuksia ekosysteemiin tai ihmisen terveyteen voidaan vähentää, niiden lähteistä, määristä ja vaikutuksista tarvitaan tieteellistä tietoa. Ekosysteemien myrkkyjen ja niiden vaikutusten tutkimiseen erikoistunutta tieteenalaa sanotaan ekotoksikologiaksi.

Kalojen, lintujen ja hylkeiden kudoksista on mahdollista määrittää raskasmetallien ja orgaanisten ympäristömyrkkyjen hyvin pienetkin pitoisuudet. Näiden määritysten avulla on selvinnyt, että Itämeren DDT-, PCB- ja dioksiinipitoisuudet ovat vähentyneet, mutta niissä voi olla suuriakin eroja eri kalalajien ja alueiden välillä. Rasvaisten kalojen, kuten villilohen, silakan ja kampelan, orgaanisten ympäristömyrkkyjen pitoisuudet ovat edelleen kohtalaisen korkeita. Lisäksi merestä on määritysmenetelmien tarkennuttua löytynyt uusia myrkyllisiä aineita.

Metsien raskasmetallikuormitusta voidaan selvittää sammalista. Sammalet ottavat lähes kaikki ravinteensa suoraan sadevedestä ja ilman kuivalaskeumasta, joten niihin kertyy herkästi ympäristömyrkkyjä. Metsäntutkimuslaitoksen pitkäaikaisen seurannan avulla on osoitettu laskeumien määrien kehitys ja tärkeimmät päästölähteet. Sammalten raskasmetallipitoisuuksien perusteella saadaan suhteellinen kuva eri raskasmetallien laskeumasta. Kotimaisten päästöjen lisäksi sammalten pitoisuuksiin vaikuttavat kaukokulkeumana Suomen ulkopuolelta ilmavirtausten mukana tulevat raskasmetallit.

Ympäristöekologissa tutkimuksissa halutaan usein selvittää myrkkyjen vaikutusta yksittäiseen eliölajiin, ravintoketjuun tai koko eliöyhteisöön. Tällöin tutkimuksissa käytetään monesti biologisia menetelmiä ja testejä. Usein näissä testeissä altistetaan jyrsijöitä, kaloja, kasveja tai selkärangattomia erilaisille määrille myrkkyjä ja seurataan lisääntymistä, rakenteellisia muutoksia ja kuolleisuutta. Esimerkiksi altistuskokeiden perusteella on saatu selville että DDT- ja PCB-yhdisteet käyttäytyvät elimistössä sukupuolihormonien tavoin ja vaikuttavat hedelmällisyyteen. Altistustesteissä voidaan käyttää myös kudosviljelmiä.

Ympäristömyrkkyjen esiintymistä ja rikastumista ravintoketjun huipulle voidaan selvittää muun muassa mittaamalla myrkkypitoisuuksia petolintujen munista. Kuvassa on muuttohaukkojen munien kuoria, joiden DDT-pitoisuudet analysoimalla saadaan arvokasta tietoa tämän orgaanisen ympäristömyrkyn määristä eri aikoina ja eri alueilla.

Suomessa on selvitetty jätevesien hormonaalisia vaikutuksia kalanpoikasiin. Tutkijat altistivat kokeissaan kirjolohen poikasia kolmen viikon ajan jätevesipuhdistamon puhdistetulle vedelle. Tutkimustulokset osoittivat, että vedessä oli hormonaalisesti aktiivisia aineita, jotka muuttivat kalan omaa luonnollista hormonitoimintaa. Muutoksia havaittiin erityisesti koiraskalojen sukupuolielimissä ja niiden toiminnassa.

TEHTÄVÄT

1. Mikä myrkky?

Yhdistä kuvaus oikeaan ympäristömyrkkyyn.

1. lyijy
2. elohopea
3. kadmium
4. DDT
5. PCB
6. dioksiinit

a. Orgaaninen ympäristömyrkky, joka rikastuu tehokkaasti ravintoketjuissa. Kehitettiin hyönteismyrkyksi, joka otettiin käyttöön 1900-luvun puolivälissä.
b. Raskasmetalli, joka orgaaniseksi muuttuessaan aiheuttaa ongelmia erityisesti vesiekosysteemeissä.
c. Supermyrkky, jota syntyy orgaanisten kloori-yhdisteiden palamisessa.
d. Ympäristömyrkky, jota voi joutua luontoon muun muassa akuista, maaleista ja fosforilannotteista.
e. Polttoaineiden puhdistuessa tämän ympäristömyrkyn määrä on vähentynyt merkittävästi Suomessa.
f. Rasvaliukoisena tätä myrkkyä on kertynyt runsaasti Itämeren hylkeiden rasvakudoksiin.

2. Erilaisia ympäristömyrkkyjä

Tee alla olevan mallin mukainen yhteenvetotaulukko tärkeimmistä ympäristömyrkyistä.

Ympäristö-myrkky	Alkuperä	Vaikutukset
Elohopea		
Kadmium		
Lyijy		
DDT		
PCB-yhdisteet		
Dioksiinit		
Öljy		

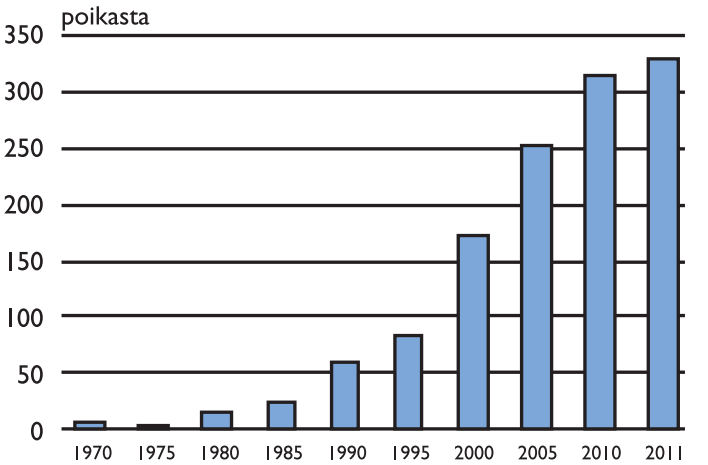
3. Merikotkakannan kehitys Suomessa

tt

Oheisessa diagrammissa kuvataan Suomen merikotkien poikastuotantoa neljänkymmenen vuoden ajalta. Taulukossa on esitetty PCB-päästöt Suomessa vuosina 1990–2010.

a. Piirrä taulukon tietojen perusteella diagrammi PCB-määrien kehityksestä Suomessa.
b. Miten PCB-päästöjen määrä on kehittynyt tutkimusaikana?
c. Pohdi syitä PCB-päästöjen määrien kehitykseen.
d. Miten merikotkan poikastuotanto on kehittynyt samana aikana?
e. Mikä yhteys merikotkan poikastuotannon ja PCB-määrien kehityksellä diagrammien perusteella on nähtävissä?
f. Miksi merikotkat kärsivät monia muita lintulajeja enemmän ympäristömyrkyistä?

Suomen merikotkien poikastuotanto



PCB-päästöt ilmaan Suomessa 1990–2010

Vuosi	PCB päästöt (kg)
1990	314,5
1995	283,5
2000	221,5
2005	173,6
2010	156,2

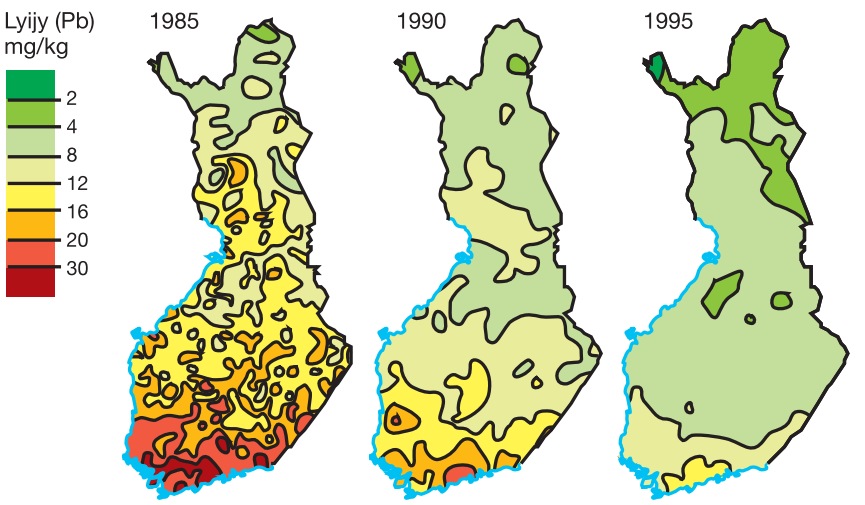
Lähde: Suomen ympäristökeskus

4. Lyijypäästöjen kehitys Suomessa

tt

Oheisissa kartoissa kuvataan sammalten lyijypitoisuuksia 25 vuoden ajalta.

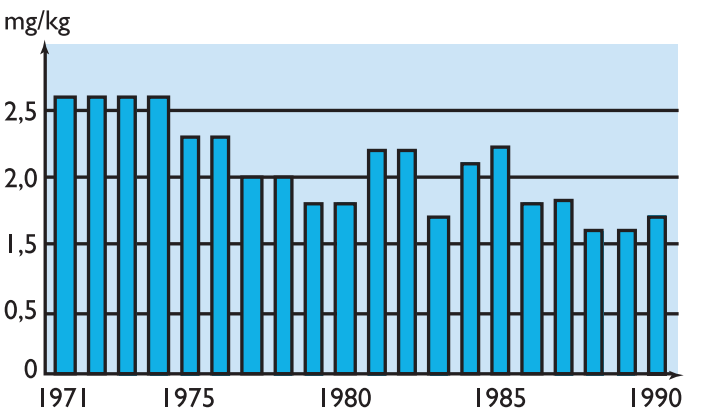
a. Miksi sammalet soveltuvat hyvin lyijymäärien seurantaan?
b. Mistä lyijyä pääsee ympäristöön?
c. Millä alueilla lyijypäästöt ovat olleet suurimmillaan, ja miksi juuri siellä?
d. Kuvaa lyijypäästöjen kehitystä Suomessa vuodesta 1985 vuoteen 2010.
e. Selvitä syitä päästömäärien muutoksiin.



5. Elohopeapitoisuus

Oheisessa diagrammissa kuvataan 1 kg:n painoisen hauen elimistön elohopeapitoisuutta. Hauet on kalastettu pikkujärvestä Lounais-Suomesta. Järven valuma-alueella olevassa tehtaassa käytettiin elohopeaa vuoteen 1967 saakka.

a. Miksi tutkijat valitsivat hauen tutkimuskalaksi?
b. Kuvaa, miten haukien elohopeapitoisuudet ovat muuttuneet tehtaan lopetettua elohopeapäästöt, ja pohdi erilaisia syitä muutoksen nopeuteen ja säännöllisyyteen.
c. Miksi hauissa tavataan elohopeaa vielä 40 vuotta päästöjen lopettamisen jälkeen?
d. Mikä merkitys hauissa olevalla elohopealla on alueen ihmisille?

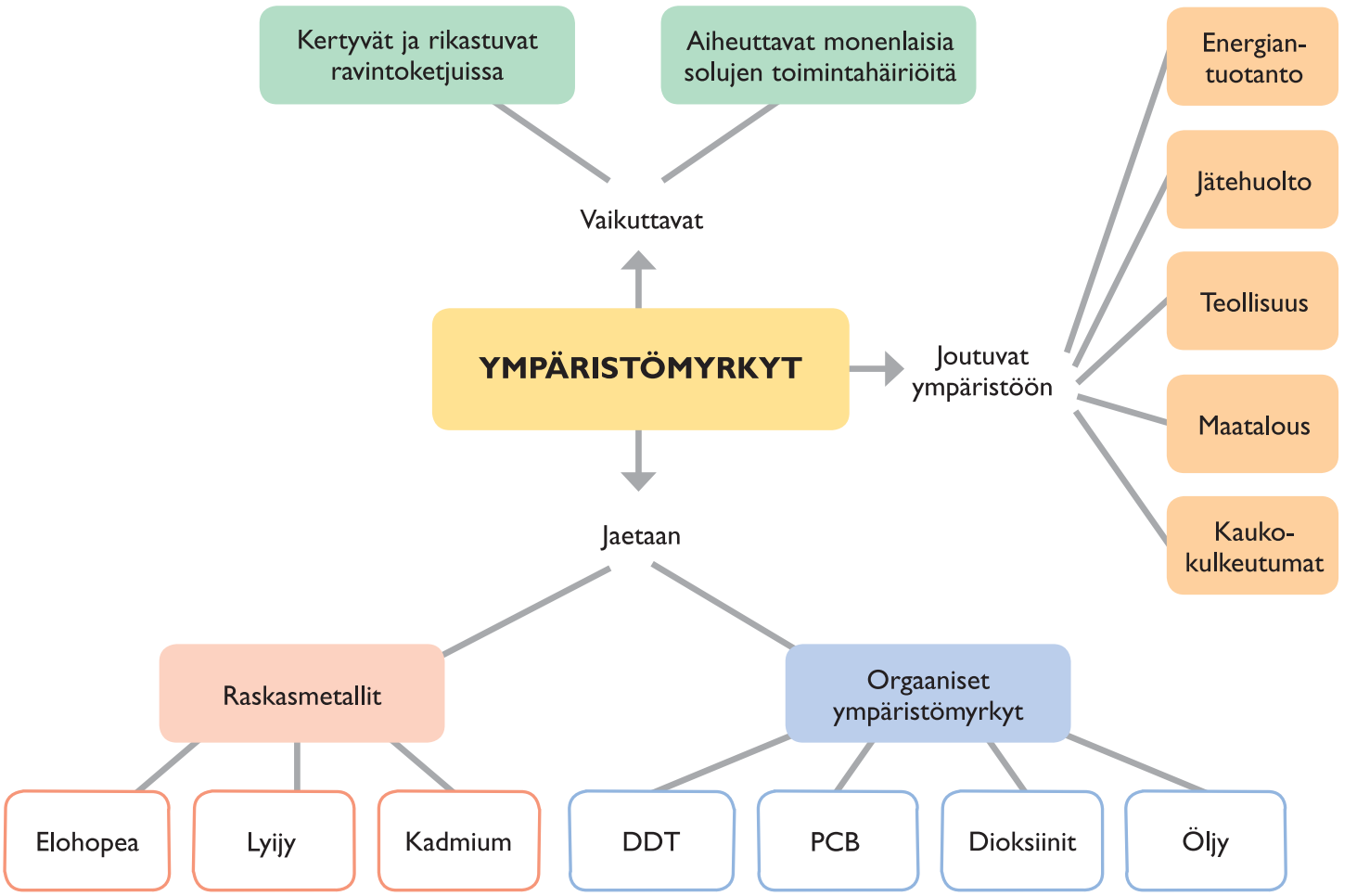


6. Öljy

yo s-06

Öljy ympäristöongelmana.

Yhteenveto



Avainsanat

DDT
dioksiinit
kertyminen
orgaaninen ympäristömyrkky
PAH-yhdiste
PCB
POP-yhdiste
raskasmetalli
rikastuminen
supermyrkky
ympäristömyrkky
öljy

9.

Säteily on elämälle välttämätöntä tai haitallista

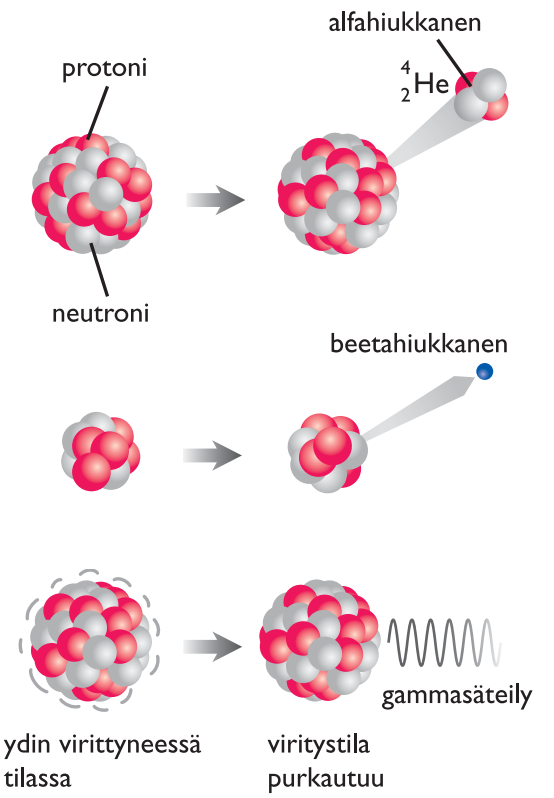
Ydinvoiman vastustajat pitävät ydinvoiman turvallisuus- ja ympäristöriskejä liian suurina. Onnettomuudet ovat harvinaisia, mutta niiden vaikutukset ovat pitkäaikaisia ja ulottuvat laajoille alueille. Onnettomuuden yhteydessä ilmakehään pääsee radioaktiivisia aineita, jotka lähettävät ionisoivaa säteilyä. Ionisoiva säteily on vaarallista, ja siksi ihmiset evakuoidaan onnettomuusalueilta. Elinympäristöömme tulevasta säteilystä suurin osa on kuitenkin joko välttämätöntä tai vaaratonta elolliselle luonnolle. Ilman valoa kasveissa ei tapahtuisi fotosynteesiä, ja ilman lämpöä solujen entsyymit lakkaisivat toimimasta.

Säteily on aaltoja ja hiukkasia

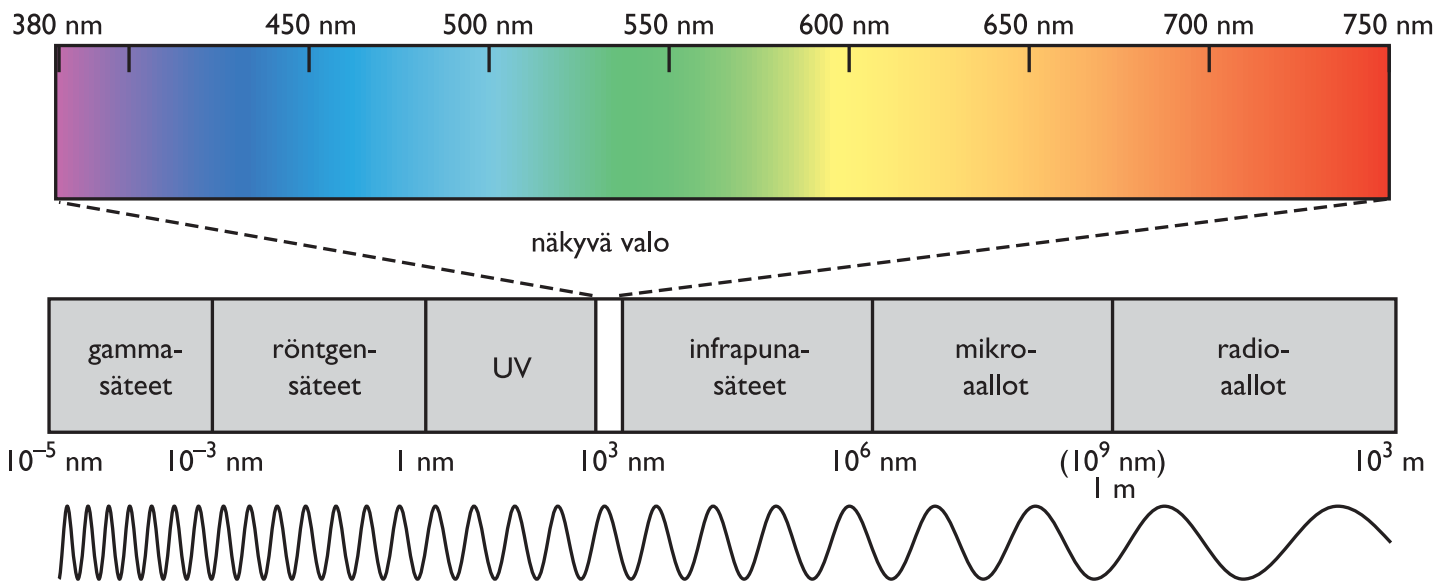
Suurin osa maapallolle tulevasta säteilystä on peräisin Auringosta. Auringosta tuleva näkyvä valo ja lämpösäteily pitävät yllä elämää maapallolla. Ravintoketjujen tuottajat eli kasvit, levät ja syanobakteerit saavat näkyvästä valosta fotosynteesireaktioihin tarvitsemansa energian. Muut eliöt, kuluttajat ja hajottajat, ovat suoraan tai välillisesti riippuvaisia tuottajien valmistamasta sokerista. Auringosta tulevan lämpö- eli infrapunasäteilyn ansiosta maapallolla on elämän kannalta sopiva lämpötila.

Valo- ja lämpösäteily ovat sähkömagneettista säteilyä. Sähkömagneettinen säteily on aaltoliikettä, jonka aallonpituus vaihtelee säteilyn syntytavan mukaan. Mitä lyhyempää säteilyn aallonpituus on, sitä enemmän se sisältää energiaa. Säteilyn vaikutukset eliöihin riippuvat säteilyn sisältämästä energiamäärästä. Valo- ja lämpösäteilyn aallonpituus on suuri, eli ne ovat pitkäaaltoista säteilyä. Sähkömagneettisesta säteilystä gammasäteily on kaikkein lyhytaaltoisinta, joten sen energiamäärä on suurin. Suuren energiamääränsä takia gammasäteily pystyy helposti tunkeutumaan eliöiden soluihin, ja siksi se on eliöille haitallista. Samasta syystä myös röntgensäteily ja osa ultravioletti-säteilystä ovat eliöille haitallisia.

Hiukkassäteilyä vapautuu radioaktiivisten aineiden ytimistä. Hiukkassäteilyä syntyy, kun pysymätön atomiydin hajoaa niin, että siitä poistuu hiukkanen, jolloin ydin muuttuu toiseksi ytimeksi ja energiaa siirtyy hiukkasten liike-energiana. Poistuva hiukkanen voi olla alfa- tai beetahiukkanen tai neutroni. Tämän vuoksi hiukkassäteily jaetaan kolmeen tyyppiin: alfa-, beeta- ja neutronisäteilyyn. Hiukkassäteilyn yhteydessä atomiytimestä poistuu myös sähkömagneettista gammasäteilyä.



Radioaktiivisessa hajoamisessa rakenteeltaan epävakaa atomiydin hajoaa. Hajoamisessa vapautuu ionisoivaa säteilyä.



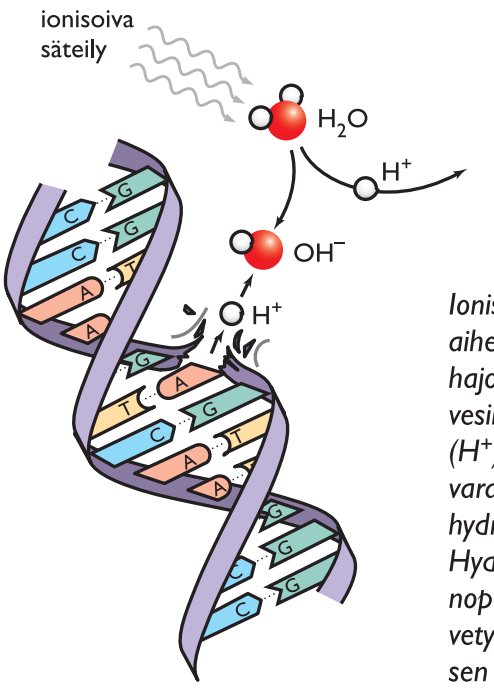
Sähkömagneettisen säteilyn erilaisista aallonpituuksista koostuu säteilyspektri, josta näkyvä valo on vain pieni osa. Eniten energiaa on lyhytaaltoisessa gammasäteilyssä, joka läpäisee ainetta tehokkaasti ja vaurioittaa soluja. Pitkäaaltoisessa säteilyssä, kuten radioaalloissa, säteilyn energiamäärä on pieni, eikä se vahingoita eliöitä.

Ionisoiva säteily on eliöille haitallista

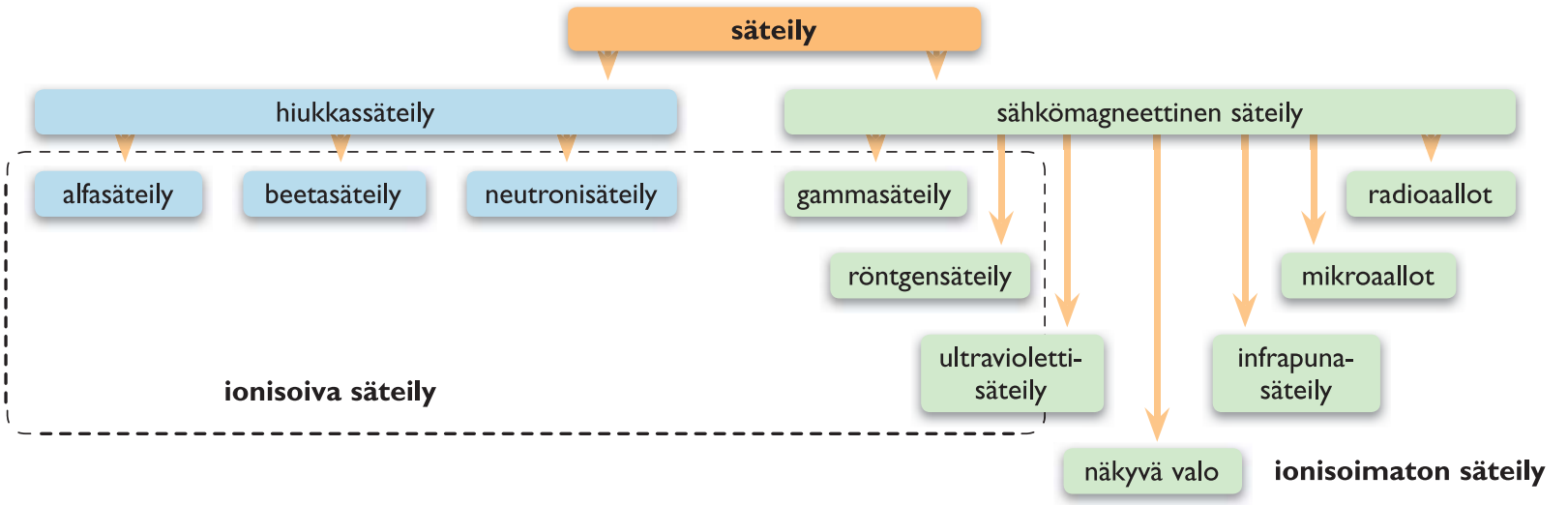
Biologisten vaikutusten perusteella säteily jaetaan ionisoivaan ja ionisoimattomaan säteilyyn. Ionisoimatonta säteilyä ovat pitkäaaltoiset sähkömagneettiset radioaallot, mikroaallot, lämpö- ja valosäteily sekä osa ultraviolettisäteilystä. Ionisoimatonta säteilyä esiintyy kaikkialla, ja se on enimmäkseen vaaratonta. Ionisoiva säteily on joko hiukkassäteilyä (alfa-, beeta- ja neutronisäteily) tai lyhytaaltoista sähkömagneettista säteilyä (gamma- ja röntgensäteily sekä osa ultraviolettisäteilystä). Gammasäteily läpäisee helposti ihon ja pystyy kulkemaan koko ihmisen läpi. Beetasäteily pystyy tunkeutumaan ihoon, mutta ei muihin kudoksiin. Alfahiukkaset ovat raskaita ja isokokoisia, joten ne eivät pääse edes ihon läpi. Alfahiukkasia voi kuitenkin joutua ruuan ja hengitysilman mukana elimistöön, jolloin ne ovat terveydelle erittäin vaarallisia.

Ionisoivassa säteilyssä on runsaasti energiaa, minkä takia se pystyy irrottamaan kohtaamansa aineen atomeista elektroneja tai rikkomaan aineen molekyylien sidoksia. Molekyylit muuttuvat sähköisesti varautuneiksi ioneiksi. Ionit ja vapautuneet elektronit pystyvät vaurioittamaan DNA-molekyylejä. Jos solu ei kykene korjaamaan vaurioitunutta DNA:n osaa, seurauksena on mutaatio eli pysyvä muutos perimässä. Mutaatiot puolestaan voivat aiheuttaa esimerkiksi syöpää. Erityisen herkkiä ionisoivan säteilyn haittavaikutuksille ovat sukusolut, joiden geeneissä tapahtuneet muutokset voivat periytyä jälkeläisille. Muutokset ovat useimmiten elinkelpoisuutta heikentäviä.

Jos elimistö altistuu suurelle säteilyannokselle lyhyessä ajassa, seurauksena on säteilysairaus. Säteilysairauden oireita ovat muun muassa punasolujen määrän väheneminen, päänsärky, kuume, pahoinvointi, immuunijärjestelmän heikkeneminen, ihokarvojen ja hiusten lähtö, aivotoiminnan häiriöt, verenvuodot ja luuytimen tuhoutuminen. Oireet riippuvat saadun säteilyannoksen suuruudesta. Suurimmilla annoksilla kuolema voi seurata välittömästi. Pienemmillä annoksilla säteilysairauteen liittyy usein rauhallinen tai oireeton vaihe, jonka jälkeen oireet pahenevat nopeasti.



Ionisoiva säteily aiheuttaa mutaation hajottamalla vesimolekyylin vetyioniksi (H^+) ja sähköisesti varautuneeksi hydroksidi-ioniksi (OH^-). Hydroksidi-ioni korvaa nopeasti menettämänsä vetyatomin ottamalla sen DNA-molekyyliltä.

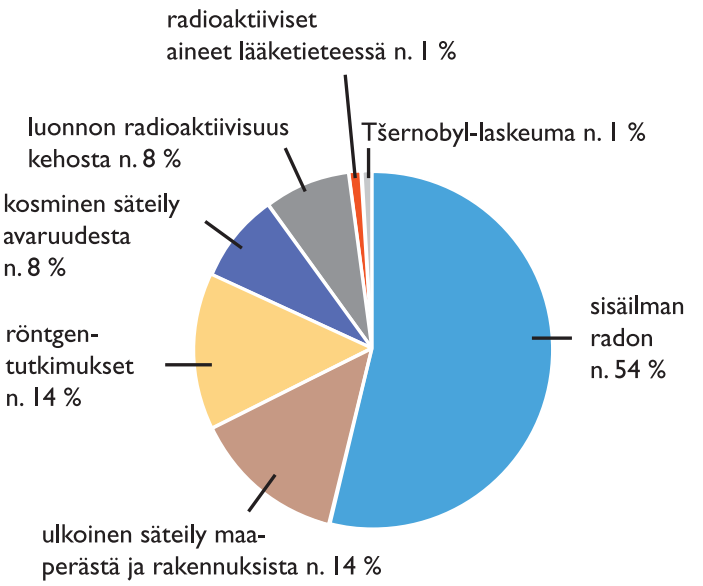


Ionisoivaa säteilyä on kaikkialla ympäristössä

Ympäristössä on runsaasti ionisoivan säteilyn lähteitä. Maapallolle saapuu jatkuvasti avaruudesta hiukkas- ja gammasäteilyä kosmisena säteilynä. Gammasäteily ei pääse maapallon pinnalle asti, koska se imeytyy ilmakehän molekyyleihin. Myös maa- ja kallioperästä tulee ionisoivaa säteilyä. Suurin ionisoivan säteilyn lähde Suomessa on maaperän radon. Noin puolet suomalaisten saamasta säteilyannoksesta on peräisin radonista. Kallioperässä olevan uraanin hajoamisen seurauksena syntyy radonkaasua. Radonkaasua voi kulkeutua maaperästä sisäilmaan rakennusten alapohjassa olevien aukkojen kautta etenkin talvella, kun maa on roudassa. Sisäilman radonpitoisuuden pienentäminen onkin tehokkain tapa vähentää suomalaisten säteilyaltistusta. Vähentäminen onnistuu muun muassa oikealla rakennuspaikan valinnalla ja rakennustekniikalla. Myös ihmisen elimistö toimii säteilylähteenä, koska elimistöön joutuu ruuan ja hengitysilman mukana pieniä määriä radioaktiivisia aineita. Nämä aineet aiheuttavat suunnilleen yhtä suuren säteilyannoksen kuin kosminen säteily.

Säteilyn käyttö lääketieteessä on merkittävin ihmisen aiheuttaman ionisoivan säteilyn lähde. Eniten käytetty ionisoivaa säteilyä hyödyntävä tutkimusmenetelmä lääketieteessä on röntgenkuvaus. Muita säteilyn käyttökohteita lääketieteessä ovat muun muassa syöpäsolujen tuhoamiseen käytetyt sädehoidot sekä isotooppitutkimukset, joita käytetään esimerkiksi luustokartoituksissa. Tutkimuksesta tai hoidosta saadun hyödyn ohella säteilystä voi olla myös haittaa potilaalle, koska pienikin säteilyannos lisää riskiä sairastua syöpään.

Suomalaisen saaman säteilyn lähteet



Jos ydinvoimalaonnettomuuksia ei tapahdu Suomessa tai sen lähialueilla, suomalaiset saavat nyt ja lähitulevaisuudessa suurimman osan ionisoivasta säteilystään radonista. Yksittäisten ihmisten saama säteilymäärä vaihtelee asuinpaikan ja lääketieteellisten hoitojen mukaan. (Lähde: STUK)

Saadun säteilyannoksen yksikkö, jolla ilmaistaan säteilyn aiheuttamaa terveyshaittaa on Sievert (Sv).

Yleensä annos ilmaistaan millisieverteinä (mSv) tai mikrosievertteinä (µSv), koska säteilyannokset ovat pieniä.

1 Sv = 1000 mSv, 1Sv = 1 000 000 µSv

Neljän tunnin lentomatkan aikana kymmenen kilometrin korkeudessa ihminen saa noin 20 mikrosievertin annoksen kosmista säteilyä. Röntgentutkimus aiheuttaa keskimäärin yhden millisievertin säteilyannoksen. Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos on noin 3,7 mSv vuodessa.

Radioaktiivisten päästöjen suurimpia aiheuttajia ovat ydinvoimalat ja aseteollisuus

Ydinvoimala käyttää raaka-aineenaan kallioperästä löytyvää uraania, joka louhitaan ja erotellaan muusta kiviaineksesta. Eroteltu uraani rikastetaan, väkevöidään ja käytetään tämän jälkeen polttoaineena voimalassa. Väkevöinnissä rikastettu uraani muutetaan ydinpolttoaineeksi sopivaan muotoon. Asianmukaisesti toimivasta ydinvoimalasta ei juuri pääse ympäristöön haitallista säteilyä. Suurin riski koituukin polttoaineesta syntyneestä jätteestä, sillä se on hyvin radioaktiivista ja erittäin pitkäikäistä.

Suomalaisten ydinvoimaloiden ydinjätettä ei enää viedä ulkomaille, vaan sijoitetaan Suomen kallioperään. Vaikka loppusijoituspaikkojen valinta perustuu huolellisiin mittauksiin, monet asiantuntijat suhtautuvat hyvin kriittisesti ydinjätteiden hautaamiseen kymmeniksi tuhansiksi vuosiksi. Myös ydinvoimaloiden purkamisen yhteydessä syntyy suuri määrä jätettä, mutta sen radioaktiivisuus on vähäistä.

Vaikka onnettomuusriski useimmissa ydinvoimaloissa on pieni, seuraukset ovat suuronnettomuuden sattuessa äärimmäisen tuhoisat, sillä ydinsaasteet leviävät hyvin tehokkaasti veden ja ilman mukana. Säteilyn vaarat tulivat esille Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuudessa Ukrainassa huhtikuussa 1986. Muutaman kuukauden sisällä onnettomuudesta noin sata ihmistä kuoli saamiinsa säteilyvaurioihin. Kilpirauhassyöpätapaukset lisääntyivät radioaktiivisen laskeuman alueella satakertaisesti. Inhimillisen kärsimyksen ja valtavien taloudellisten menetysten lisäksi myös alueen ekosysteemeissä on tapahtunut muutoksia. Ravintoketjut ovat järkkyneet, kun esimerkiksi monet hämähäkit, perhoset ja kimalaiset ovat hävinneet alueelta lähes kokonaan.

Ongelmana on myös se, että monet radioaktiiviset aineet säilyvät ekosysteemissä pitkään. Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuudesta Suomeen kulkeutunutta radioaktiivista cesiumia (^{137}Cs) tavataan edelleen muun muassa Lapissa jäkälissä ja poronlihassa sekä sienissä Keski-Suomessa. Radioaktiivisen säteilyn lähteitä on maailmassa runsaasti, eikä haitalliselta säteilyltä voi täysin välttyä. Ilmakehässä tapahtuvat ydinaseiden testaukset ovat lisänneet maapallon asukkaiden säteilyannosta huomattavasti voimalapäästöjä ja -onnettomuuksia enemmän.

Ydinaseet ovat maailmanlaajuinen ympäristöuhka. Esimerkiksi Hiroshiman ydinpommi tappoi vuonna 1945 hetkessä noin 75 000 ihmistä. Vuoden kuluttua pommin räjäyttämisestä kuolonuhrien määrä oli noin 150 000, ja viiden vuoden sisällä räjäytyksestä säteilyyn kuoli vielä noin 60 000 ihmistä. Vaikka ydinaseita ei ole käytetty toisen maailmansodan jälkeen, niiden kehittelyn yhteydessä suoritetut ydinkokeet ja käytettyjen aseiden hautaamiset maahan ja meriin ovat lisänneet huomattavasti radioaktiivisen säteilyn määrää maailmassa.

Seuraavan tuhoisan ydinvoimalaonnettomuuden aiheutti luonnonmullistus. Japanin koillisosassa sattui maaliskuussa 2011 suuri maanjäristys, joka aiheutti Japanin rannikolle suurimman tsunamin tuhanteen vuoteen. Tsunami vahingoitti Fukushiman ydinvoimalan kolmea reaktoria. Reaktoreiden jäähdytysjärjestelmä petti, minkä seurauksena reaktorit kiehuivat, ylikuumenivat ja vaurioituivat. Tšernobyliin verrattuna Fukushiman ydinvoimalan radioaktiiviset päästöt ympäristöön olivat pienemmät, koska reaktorit eivät räjähtäneet. Radioaktiivisia aineita havaittiin kuitenkin kaikkialla pohjoisella pallonpuoliskolla.

Radioaktiivisia päästöjä valvotaan

Säteilystä tiedetään paljon ja sitä kyetään mittaamaan tarkasti. Sen sijaan ionisoivan säteilyn biologisia vaikutuksia on vaikea tieteellisesti osoittaa, koska yleensä haitat ilmenevät vasta vuosien kuluttua. Lisäksi eliöt altistuvat jatkuvasti monille muille haitallisille aineille. Erityisen hankalaa on selvittää, miten pieni säteilyn lisääntyminen vaikuttaa yksilöihin ja sitä kautta koko ekosysteemiin. Säteilyn haittaa koskevia tutkimustuloksia tulkitaankin usein eri tavoin sen mukaan, onko tulkitsijana ympäristöjärjestö, teollisuus vai riippumaton tutkimuslaitos.

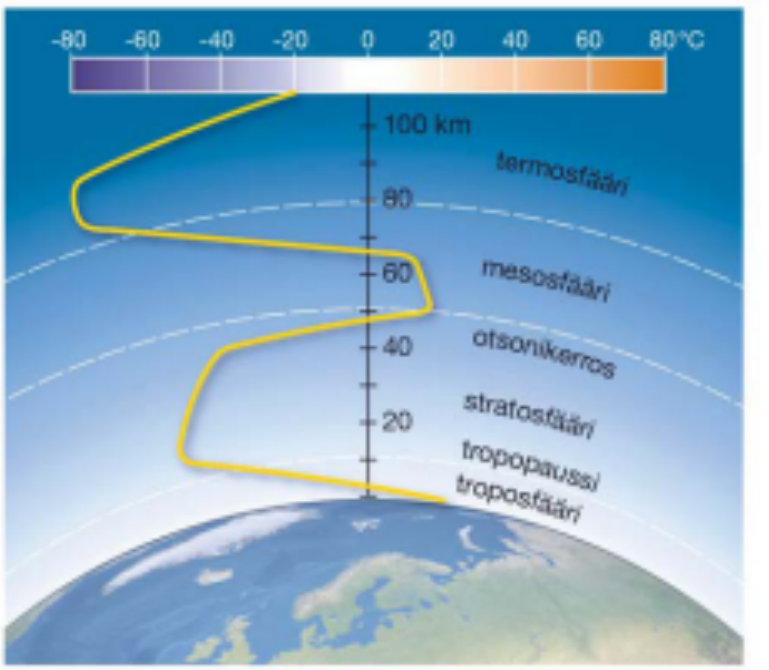
Japanin rannikolle vuonna 2011 iskeytynyt tsunami aiheutti valtavia tuhoja. Rakennuksia, teitä ja sähkölinjoja tuhoutui. Erityisen vaaralliseksi osoittautuivat Fukushiman ydinvoimalasta levinneet radioaktiiviset aineet. Fukushiman onnettomuuden jälkeen on tehty kansainvälistä yhteistyötä, jonka tavoitteena on parantaa ydinvoimaloiden turvallisuutta sekä valmiutta varautua onnettomuuksiin.

Radioaktiivisten aineiden määrä ympäristössä riippuu Suomessa ydinvoimalaitosten toiminnan turvallisuudesta ja jätteiden käsittelystä. Säteilyturvakeskus (STUK) määrittelee radioaktiivisille päästöille rajat, joiden noudattamista valvotaan jatkuvasti. Voimalaitosten ympäristöstä otetaan satoja näytteitä ilmasta, sadevedestä, maaperästä, merivedestä, kasveista ja kaloista. Myös radioaktiivisten jätteiden käsittelyä ja loppusijoitusta seurataan tarkasti. Säteilyturvallisuutta säädellään myös EU:ssa; yhteiset päätökset ja direktiivit velvoittavat kaikkia jäsenvaltioita. Suomessa säteilytilannetta valvotaan reaaliajassa. Lähes koko Euroopassa on säteilymittausjärjestelmät, joiden tietoja vaihdetaan säännöllisesti. Osa maapallon radioaktiivista päästöistä on kuitenkin puolueettoman ja kansainvälisen kontrollin ulottumattomissa, ja esimerkiksi aseteollisuuden tahallisten ja tahattomien päästöjen määrät pidetään salassa.

Yläilmakehän otsonikerroksen oheneminen lisää haitallista UV-säteilyä

Yläilmakehässä, noin 20–50 kilometrin korkeudessa sijaitseva otsonikerros on tärkeä maapallon ekosysteemeille, koska se suojelee maapalloa Auringon haitalliselta ultraviolettisäteilyltä. Ihmisen aiheuttamasta yläilmakehän otsonikerroksen ohenemisesta alettiin huolestua jo 1970-luvulla. Huoli on sittemmin osoittautunut aiheelliseksi, sillä myöhemmät mittaukset ovat osoittaneet, että napojen yläpuolelle on muodostunut koko ajan laajeneva alue, jolla otsonin määrä on hyvin vähäinen.

Ydinvoimalaonnettomuudessa ilmakehään vapautuu usein radioaktiivista jodia (jodi-131), jota kulkeutuu hengitysilman mukana keuhkoihin. Suurin osa jodista kerääntyy kilpirauhaseen, jossa säteily voi aiheuttaa kilpirauhasen vajaatoimintaa ja syöpää. Radioaktiivisen jodin kertymistä kilpirauhaseen estetään nauttimalla joditabletteja, ennen kuin radioaktiiviset päästöt kulkeutuvat alueelle.

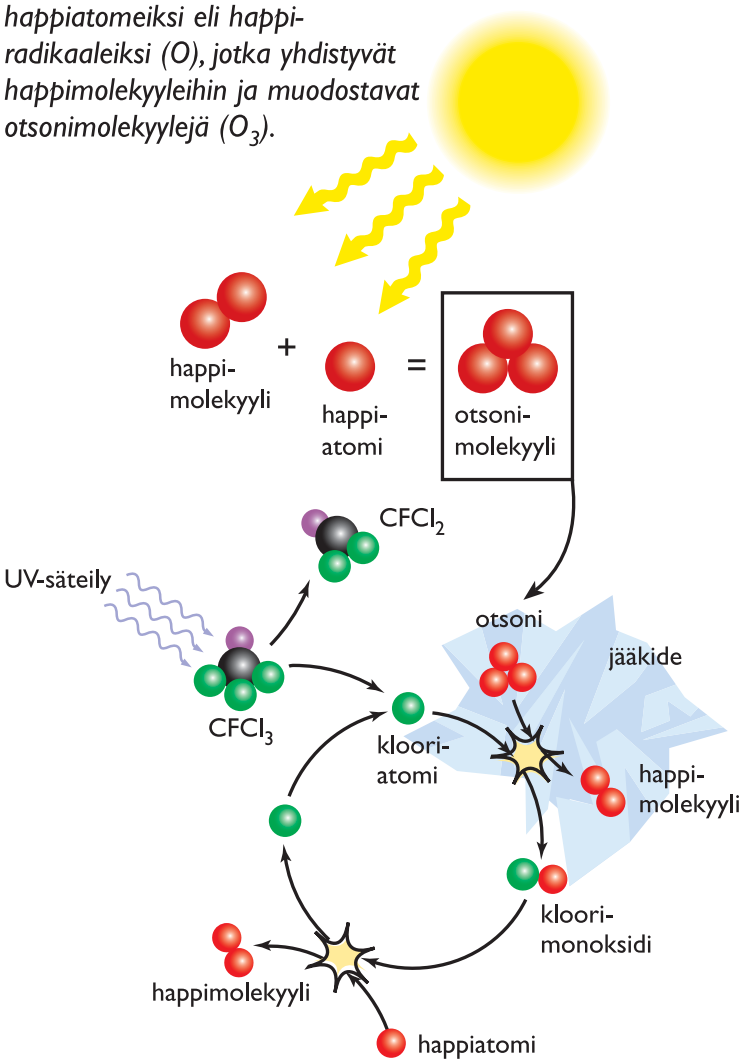


Otsonikerros sijaitsee noin 20–50 kilometrin korkeudessa stratosfäärissä. Sen paksuus vaihtelee luonnostaan vuodenaikojen ja leveysasteen mukaan. Jos kaikki tämä yläilmakehän otsoni olisi merenpinnan tason ilmanpaineessa, sitä olisi vain 2–5 millimetrin paksuinen kerros.

Otsonia syntyy ja tuhoutuu Auringon ultraviolettisäteilyn vaikutuksesta

Otsonia syntyy yläilmakehässä, kun Auringon ultraviolettisäteily hajottaa happimolekyylejä happiatomeiksi eli happiradikaaleiksi, jotka reagoivat herkästi muiden aineiden kanssa. Ilmassa happiradikaalit reagoivat herkästi happimolekyylien kanssa muodostaen otsonimolekyylejä (O_3). Eniten otsonia syntyy päiväntasaajan ja vähiten napojen yllä. Otsonikerroksen paksuus vaihtelee luonnostaan vuodenaikojen ja leveyspiirin mukaan. Syntyvän ja hajoavan otsonin määrät olisivat tasapainossa, elleivät ihmisen toiminnasta johtuvat päästöt olisivat muuttaneet tätä tasapainoa. Otsonia hajoaa nykyään paljon nopeammin kuin uusia otsonimolekyylejä muodostuu.

Otsonia muodostuu, kun Auringon UV-säteily hajottaa ilman happimolekyylejä (O_2) happiatomeiksi eli happiradikaaleiksi (O), jotka yhdistyvät happimolekyyleihin ja muodostavat otsonimolekyylejä (O_3).



CFC-yhdisteistä irtoava klooriatomi nopeuttaa otsonin luonnollista hajoamista. Yksi klooriatomi aiheuttaa paljon tuhoa, koska yhden otsonimolekyylin hajotettuaan se vapautuu uudelleen hajottamaan seuraavan molekyylin.

Otsonikerrosta tuhoavat aineet sisältävät joko klooria (Cl) tai bromia (Br). Merkittävimpiä näistä aineista ovat kloorifluorihiilivedyt eli CFC-yhdisteet, jotka ovat myös kasvihuonekaasuja. Kun CFC-yhdiste saavuttaa otsonikerroksen, siitä irtoava kloori alkaa nopeuttaa otsonimolekyylien hajoamista. Yksi klooriatomi eli klooriradikaali pystyy hajottamaan valtavan määrän otsonia, koska se säilyy pitkään vapaana ilmakehässä. Tämän takia päästöjen vähentäminen ei välittömästi korjaa otsonimäärää ennalleen. Bromipitoisten aineiden, kuten halonien, reaktiot stratosfäärissä ovat CFC-yhdisteiden kaltaisia. Bromiyhdisteet hajottavat tosin otsonikerrosta vielä paljon tehokkaammin kuin klooriyhdisteet. CFC-aineita on käytetty kylmälaitteissa sekä suihkepullojen ponnekaasuina, haloneita lähinnä sammuttimissa.

Lisääntynyt UV-säteily vaikuttaa solun rakenteisiin ja toimintaan

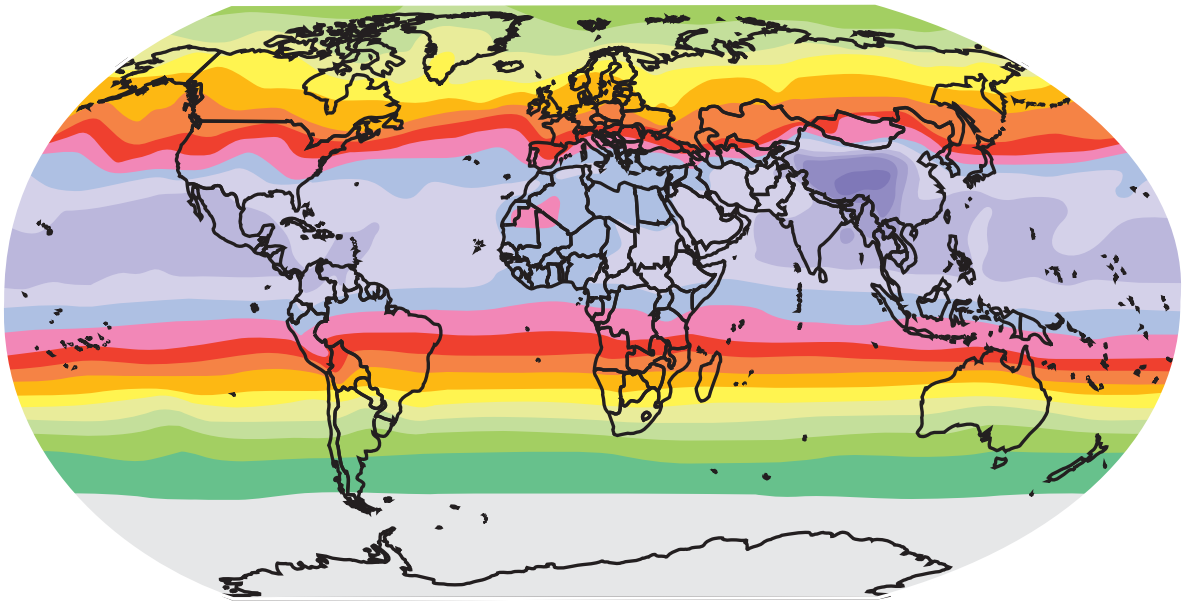
Eliöt ovat sopeutuneet evoluution kuluessa tiettyyn määrään UV-säteilyä. Ultraviolettisäteily on sähkömagneettista säteilyä, joka on aallonpituudeltaan näkyvää valoa lyhyempää ja siten energiamäärältään suurempaa. UV-säteily jaetaan kolmeen ryhmään aallonpituuden mukaan. Haitallisinta on lyhytaaltoisin UVC-säteily, josta suurin osa kuitenkin imeytyy yläilmakehään, vaikka otsonikerros ohentuisi merkittävästikin. Myöskään UVA-säteily ei ole suuri uhka maapallon eliöille, koska se on pitkäaaltoisinta ja siten melko vaaratonta. Otsonikato lisää lähinnä UVB-säteilyn pääsyä maapallon pinnalle. UVB-säteilyn osuus on noin 5 prosenttia maapallolle tulevasta UV-säteilystä, ja sen on havaittu olevan monin tavoin vaarallista eliöille.

UVB-säteily vaikuttaa solun rakenteisiin ja toimintaan. DNA:ssa säteily aiheuttaa mutaatioita. Mutaatiot saattavat siirtyä uusiin sukupolviin tai aiheuttaa yksilössä syöpää. Ultraviolettisäteily vaurioittaa myös solun proteiineja, jolloin entsyymitoiminta voi häiriintyä tai solukalvon kuljettajaproteiinit voivat lakata toimimasta. UV-säteilyn vaikutuksesta soluissa syntyy happiradikaaleja, jotka reagoivat herkästi rasvamolekyylien kanssa ja aiheuttavat vaurioita solukalvoon tai muihin lipideistä muodostuviin solun kalvorakenteisiin. Ihmisille UVB-säteily on kuitenkin myös tärkeää, sillä sen vaikutuksesta iholla muodos-

tuu D-vitamiinin esiastetta, joka muuttuu maksassa ja munuaisissa D-vitamiiniksi.

Eliöille on kehittynyt monenlaisia suojautumismekanismeja liiallista UV-säteilyä vastaan. Esimerkiksi kasvien erilaiset pintasolukot ja eläinten kitiinikuori sekä erilaiset sarveistumat (karvat, höyhenet ja suomut) suojaavat liialta säteilyltä. UV-säteilyä imeytyy myös ihon väriaineisiin eli pigmentteihin, mikä estää säteilyn pääsyn syvemmälle ihoon. Eliöiden soluissa on lisäksi ultraviolettisäteilyvaurioita korjaavia mekanismeja, jotka voivat esimerkiksi palauttaa muuttuneen DNA-jakson ennalleen tai poistaa sen kokonaan. Jos UV-säteilyannos on liian suuri, nämä korjausmekanismit eivät riitä.

UV-indeksi maapallolla



UV-indeksi

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17+

UV-indeksi eli UVI ilmoittaa Auringon haitallisen säteilyn määrän. Arvo 0 tarkoittaa, ettei säteilyä ole lainkaan. Auringolta on syytä suojautua, kun UV-indeksin arvo on yli 3. Kartta kuvaa tilannetta 21.6.2013 eli kesäpäivänseisauksen aikaan.

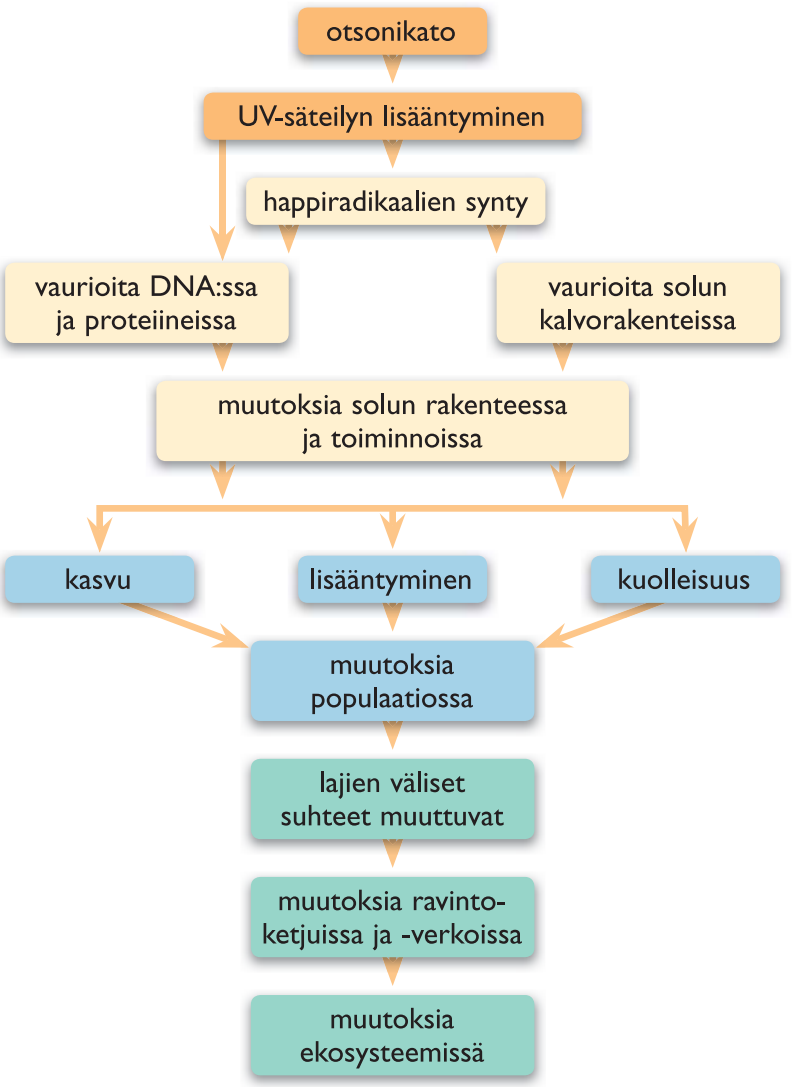
Ihmisen iho suojautuu UV-säteilyä vastaan orvaskedessä olevien pigmenttisolujen avulla. UV-säteilyn vaikutuksesta niissä alkaa muodostua pigmenttiä, melaniinia, joka näkyy ihossa rusketuksena. Rusketus on ihon suojakeino, joka pyrkii vähentämään vahingollisten ultraviolettisäteiden pääsyä ihon syvempiin kerroksiin. Iho voi myös palaa, jos UV-säteilyä tulee runsaasti. Liiallinen UV-säteily vanhentaa ihoa ennenaikaisesti. Iho muuttuu kuivaksi, karheaksi ja ryppyiseksi, ja siihen tulee värimuutoksia.

Liiallinen UV-säteily voi aiheuttaa eläimillä silmäsairauksia. Ihminen voi suojautua säteilyltä aurinkolasien avulla.

Solutason muutokset vaikuttavat eliöihin ja ekosysteemeihin

Ultraviolettisäteilyn vaikutukset solun rakenteisiin ja toimintoihin voivat johtaa moniin seurannaisvaikutuksiin eliöissä ja ekosysteemeissä. Solutason vauriot saattavat aiheuttaa yksilössä kasvun ja lisääntymisen muutoksia. Esimerkiksi kalat eivät altistu luonnostaan runsaalle UV-säteilylle, ja siksi ne säteilyn lisääntyessä saavatkin helposti iho- ja silmävaurioita. Erityisen herkkiä ovat kalanpoikaset, joiden alkionkehitys häiriintyy paljosta UV-säteilystä, jolloin poikaskuolleisuus kasvaa. Liiallinen UV-säteily heikentää myös fotosynteesiä, hidastaa monien kasvilajien kasvua ja vähentää kukkimista.

Yksilöiden terveydentilan ja lisääntymiskyvyn heikkeneminen näkyy populaatioiden koossa. Vaikka UV-säteily on vahingollista käytännöllisesti katsoen kaikille eliölajeille, eri lajien sopeutumiskyvyssä on eroja. Esimerkiksi useiden sammakkolajien arvellaan olevan erityisen herkkiä UVB-säteilylle ohuen ihonsa takia, mikä näkyy sammakkopopulaatioiden pienenemisenä eri puolilla maapalloa. Sen sijaan matelijat kestävät UV-säteilyä paremmin, koska niiden iho on suomupeitteinen. Joidenkin eliölajien huonompi kyky sopeutua säteilymäärän kasvuun muuttaa lajien välisiä kilpailuasetelmia: tiettyjen lajien populaatiot pienenevät ja toisten kasvavat.



UV-säteily vaikuttaa solujen toimintaan ja sitä kautta yksilöihin, populaatioihin, lajien välisiin suhteisiin ja koko ekosysteemin toimintaan.

Sammakot, rupikonnat ja salamanterit ovat ohuen ihonsa takia erityisen herkkiä UV-säteilyn vaikutuksille. Useat näistä lajeista ovatkin uhanalaistuneet. Erityisen herkkiä UV-säteilylle ovat sammakon kutu ja toukat eli nuijapäät.

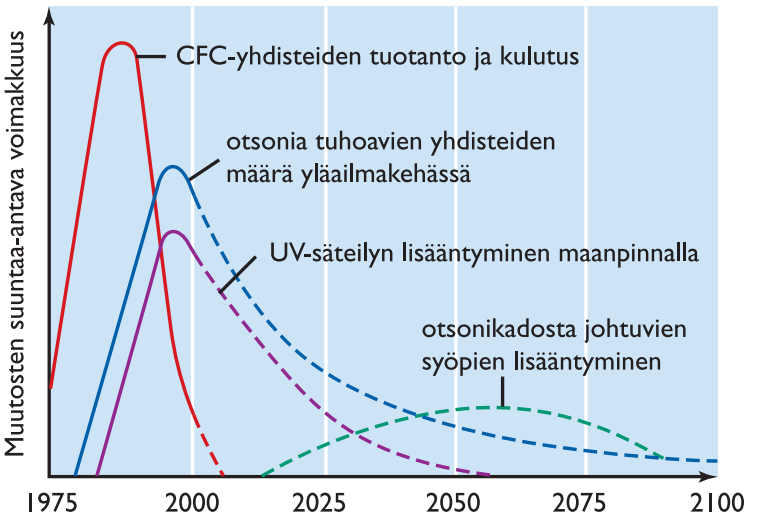
Joidenkin säteilylle herkkien lajien populaatioiden pieneneminen voi vaikuttaa kokonaiseen ekosysteemiin, kun ravintoketjut ja -verkot muuttuvat. On havaittu, että esimerkiksi vesiekosysteemien bakteerit eivät pysty sopeutumaan lisääntyneeseen UV-säteilyyn. Jos näiden tärkeiden hajottajien määrä vähenee, aineiden kierto hidastuu ja ekosysteemin perustuotanto pienenee. Sama vaikutus on myös kasviplanktonin fotosynteesitehon heikkenemisellä, mitä on havaittu ainakin Antarktista ympäröivien merien ekosysteemeissä. Perustuotannon väheneminen vaikuttaa koko ravintoketjuun. Siitä voi olla seurauksena esimerkiksi kalakantojen romahtaminen. Muutokset lajien välisissä suhteissa vaikuttavat myös monimuotoisuuteen.

Monet tärkeät maatalouden tuotantokasvit, kuten kuvan puuvilla tai pavut, ovat erityisen herkkiä UVB-säteilylle. Suomalaiset tutkijat ovat todenneet, että esimerkiksi männyn ja kuusen siementen itävyys ja aikuisten puiden kasvu heikkenevät lisääntyvän UV-säteilyn myötä.

Otsonikerroksen suojelussa on edistytty

Vuonna 1987 laadittu ja kaikissa maailman maissa ratifioitu Montrealin pöytäkirja rajoittaa otsonikerrosta heikentävien aineiden tuotantoa, kauppaa ja käyttöä. Montrealin pöytäkirja on esimerkki toimivasta maailmanlaajuisesta yhteistyöstä. CFC-yhdisteiden, halonien ja muiden otsonikerrosta heikentävien aineiden tuotanto ja kulutus on lähes kokonaan kielletty kaikissa teollisuusmaissa, ja käytön lopettamisesta on sovittu myös kehittyvissä maissa. CFC-aineille ja haloneille on kehitetty ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja. Vaikka otsonikadon torjunta on ollut tehokasta, tuloksia joudutaan odottamaan kauan. Haitallisen UV-säteilyn määrä pysyy vielä vuosikymmeniä korkeana ja aiheuttaa haittaa eliöille. Ihminen voi kuitenkin itse halutessaan vähentää säteilyannostaan suojautumalla auringon säteilyltä.

Kloorin määrä stratosfäärissä oli huipussaan 1990-luvulla. Oletetaan, että otsonikerros toipuu aikaisintaan, kun klooripitoisuus laskee vuoden 1980 tasolle. Ilmastonmuutoksen vuoksi tulevaisuuden ilmakehä on kuitenkin erilainen kuin 1980-luvulla, millä saattaa olla vaikutusta otsonikerroksen palautumiseen. Kasvihuonekaasujen lisääntyminen lämmittää troposfääriä, mutta stratosfääriä se sen sijaan jäähdyttää. Stratosfäärin kylmeneminen saattaa johtaa otsonikadon voimistumiseen erityisesti pohjoisen pallonpuoliskon kylmillä alueilla.



Vaikka otsonikatoa on alettu torjua tehokkaasti, otsonikerroksen palautumista joudutaan odottamaan kauan ja lisääntyneen UV-säteilyn haittavaikutukset jatkuvat vielä vuosikymmeniä. Syynä tähän on klooriyhdisteiden säilyminen pitkään yläilmakehässä.

TEHTÄVÄT

1. Säteilyyn liittyviä käsitteitä

Määrittele seuraavat käsittee.

a. hiukkassäteily
b. sähkömagneettinen säteily
c. ionisoiva säteily
d. otsonikerros
e. ydinsäteily
f. radioaktiivinen aine.

2. Testaa tietosi

Mitkä seuraavista väittämistä ovat oikeita? Muuta jäljelle jäävät väärät väittämät oikeiksi ja perustele, miksi ne ovat vääriä.

a. Kaikki säteily on ekosysteemille haitallista.
b. Säteily on sitä haitallisempaa, mitä enemmän energiaa se sisältää.
c. Kerralla saatu suuri säteilyannos ja sama säteilyannos pieninä erinä ovat yhtä haitallisia.
d. Hiukkassäteilyä vapautuu radioaktiivisten aineiden ytimistä.
e. Sammakot kärsivät UV-säteilystä nisäkkäitä enemmän, koska niillä ei ole karvapeitettä.
f. Jos CFC-päästöt lopetetaan, yläilmakehän otsonimäärät palautuvat nopeasti alkuperäiseen tilaansa.

3. Lyhytaaltoinen säteily

Tee taulukko kaikista lähteistä, joista ihminen saa ionisoivaa säteilyä Suomessa. Mitkä näistä säteilylähteistä ovat luonnollisia ja mitkä ihmisen toimista johtuvia? Miten säteilyn saantia voi vähentää?

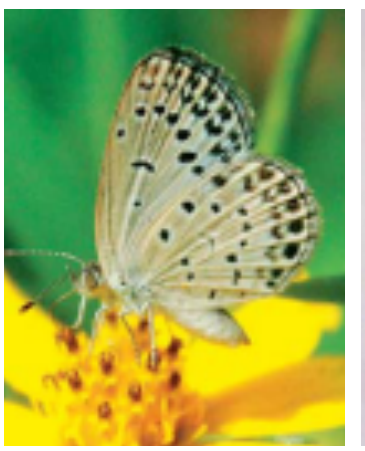
säteilyn lähde	luonnollista	ihmisen aiheuttamaa	vähentämiskeinoja

4. Säteilyn lähteitä

yo s-06 (terveystieto)

a. Esittele kolme erilaista lähdettä, joiden säteilylle ihmiset altistuvat Suomessa.
b. Kuvaile niiden aiheuttamia säteilyn terveysvaikutuksia.

5. Fukushiman mutanttiperhoset



Okinawan yliopiston tutkijat tarkkailivat perhosia, jotka olivat olleet toukkavaiheessa Fukushimassa ydinvoimalaonnettomuuden aikaan maaliskuussa 2011. Noin 12 prosenttia niistä kärsi kehityshäiriöistä, kuten tavallista pienemmistä siivistä, muutoksista jaloissa ja tuntosarvissa sekä silmävaurioista. Kun perhoset lisääntyivät laboratoriossa muualta tulleiden perhosten kanssa, niiden jälkeläisistä lähes 20 prosentilla oli kehityshäiriöitä. Kolmannessa sukupolvessa osuus oli 34 prosenttia.

a. Selitä, mitä perhostoukissa oli tapahtunut radioaktiivisen säteilyn vaikutuksesta.
b. Miksi epämuodostumat olivat lisääntyneet, vaikka onnettomuudesta oli kulunut puoli vuotta?

6. Ydinvoima

tt

Selvitä, mitä Suomen ydinvoimaloissa käytetylle polttoaineelle tehdään. Pohdi jäteongelman ratkaisuun liittyviä riskejä.

7. Vahingollisen UV-säteilyn vaikutukset

Miten UVB-säteily vaikuttaa

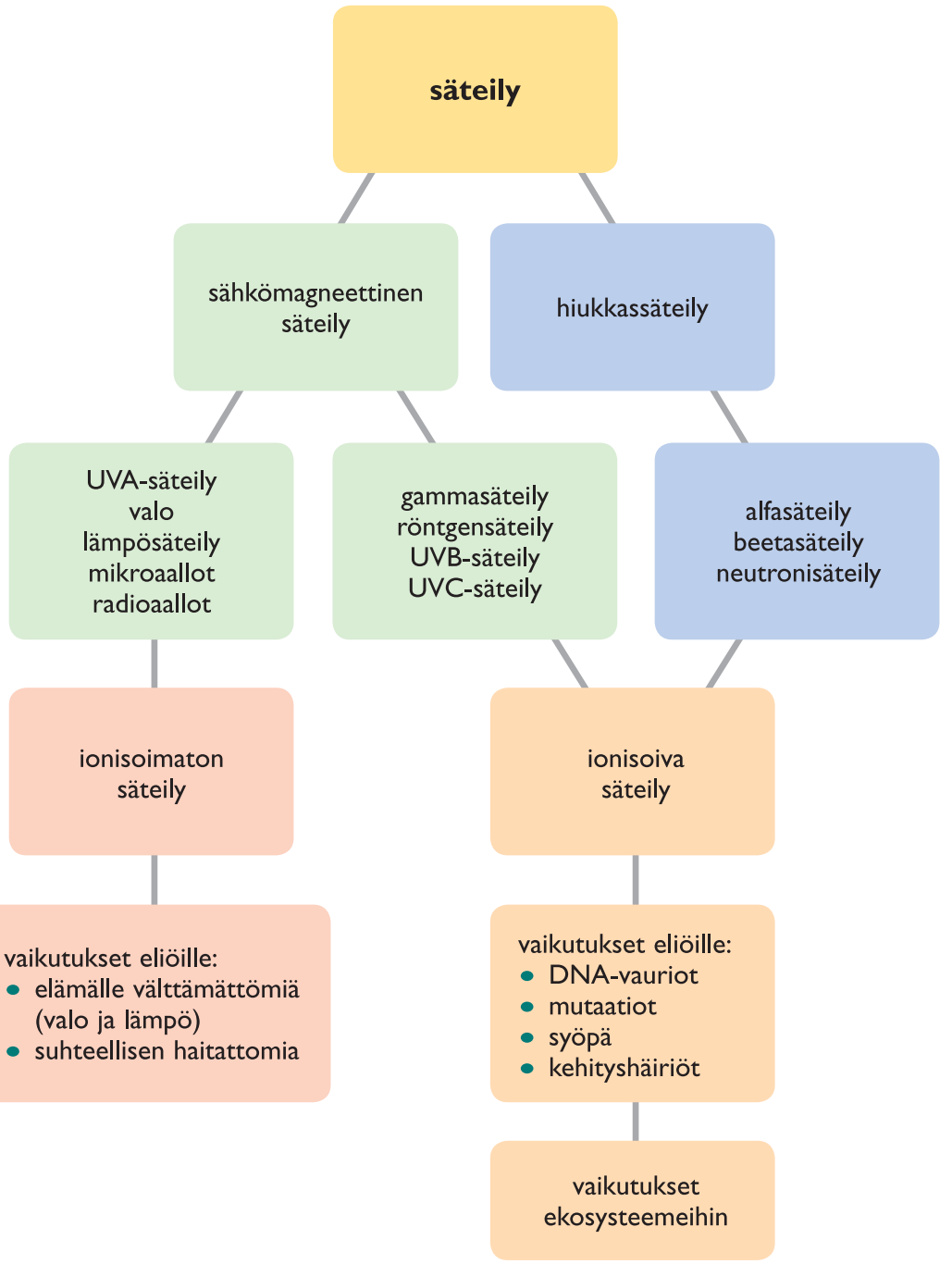
a. molekyylitasolla
b. solutasolla
c. yksilötasolla
d. ekosysteemitasolla?

8. Lyhytaaltoisen säteilyn vaikutukset eliöihin

yo s-12

Näkyvää valoa lyhytaaltoisemman säteilyn vaikutukset eliöihin.

Yhteenveto



Avainsanat

CFC-yhdisteet
hiukkassäteily
ionisoimaton säteily
ionisoiva säteily
otsonikato
otsonikerros
radioaktiivinen aine
sähkömagneettinen säteily
UV-säteily

III

Elämän monimuotoisuus ja sen tulevaisuus

Jakson sisältämät luvut

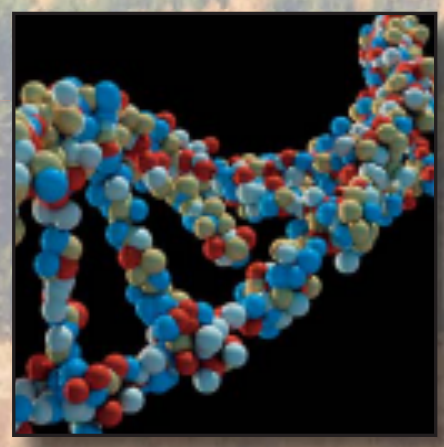
10. Luonnon monimuotoisuus on jakautunut maapallolla epätasaisesti

11. Maapallon ekosysteemien monimuotoisuus on vaarassa

12. Lajimonimuotoisuus on vähentynyt

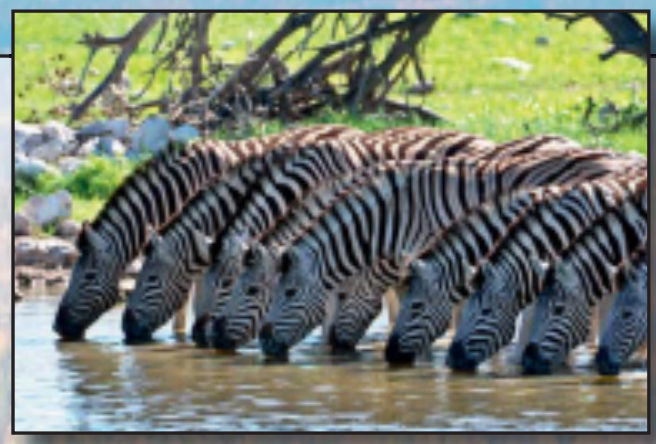
13. Ympäristönsuojelun avulla biodiversiteetti voidaan saada säilymään

14. Jokainen meistä vaikuttaa valinnoillaan maapallon tilaan



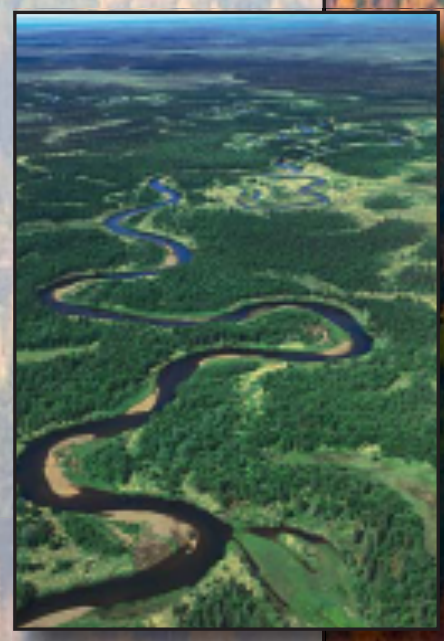
Kaikki saman lajin yksilöt ovat yleensä perintötekijöiltään erilaisia, eli niiden välillä on perinnöllistä muuntelua. Erilaisuus johtuu eroista DNA:n sisältämässä informaatiossa.

Nykyisin ihmisen toiminta uhkaa maapallon biodiversiteettiä.



Lajinsisäinen monimuotoisuus on yksi biodiversiteetin taso. Lajin sisäinen monimuotoisuus turvaa lajin säilymisen muuttuvissa olosuhteissa.

Maapallolla on valtava määrä eliölajeja. Lajimonimuotoisuus on biodiversiteetin toinen taso.



Abioottisten olojen vaihtelevuuden ansiosta maapallolle on kehittynyt erilaisia ekosysteemejä. Ekosysteemien monimuotoisuus on biodiversiteetin kolmas taso.

Ekologisesti kestävästä tulevaisuudesta huolehtiminen kuuluu meille kaikille.

- **Minkä arvoinen saimaannorppa on?**
- **Miksi biodiversiteetti on ihmiskunnan henkivakuutus?**
- **Mihin sammakot ovat kadonneet?**
- **Miksi jokainen laji on arvokas?**
- **Tarvitseeko luonto ihmistä vai ihminen luontoa?**
- **Kenellä on vastuu ympäristöstä ja tulevaisuudesta?**

10.

Luonnon monimuotoisuus on jakautunut maapallolla epätasaisesti

Arktisilla alueilla olosuhteet ovat ankarat: talvet ovat pitkiä ja kylmiä ja kesä on lyhyt. Vain harvat lajit pystyvät elämään niin vaativissa oloissa. Lyhyen kesän aikana eläinten pitää ehtiä synnyttää poikasensa ja ruokkia ne vahvoiksi. Naali on esimerkki eläimestä, joka on sopeutunut erinomaisesti arktisiin oloihin.

Biodiversiteetti on elämän moninaisuutta

Biodiversiteetti eli luonnon monimuotoisuus on seurausta miljardien vuosien evoluutiosta. Biodiversiteettiä tarkastellaan useimmiten kolmella tasolla. Nämä ovat: 1) lajin sisäinen monimuotoisuus eli geneettinen monimuotoisuus, 2) lajimonimuotoisuus ja 3) ekosysteemien monimuotoisuus.

Lajin sisäisellä monimuotoisuudella tarkoitetaan saman lajin yksilöiden ja lajin levinneisyysalueen eri puolilla tavattavien populaatioiden välisiä eroja. Erot johtuvat perinnöllisestä muuntelusta ja luonnonvalinnasta. Lajin sisäinen monimuotoisuus on evoluution edellytys. Sen on myös havaittu lisäävän lajin ja sen populaatioiden selviytymiskykyä ympäristönmuutoksissa. Lajin sisäinen monimuotoisuus onkin ikään kuin henkivakuutus, jonka avulla lajit selviytyvät muuttuvissa olosuhteissa.

Lajimonimuotoisuudella tarkoitetaan tietyllä alueella tavattavien lajien määrää. Toisaalta lajimonimuotoisuutta tarkasteltaessa usein otetaan huomioon kuinka eri eliöryhmät ovat edustettuina tietyllä

alueella. Jollain alueella voi esimerkiksi olla seitsemän nisäkäslajia ja kymmenen lintulajia ja toisella alueella kahdeksan nisäkäslajia, kuusi lintulajia ja neljä sammakkolajia. Tällöin jälkimmäinen alue on lajimonimuotoisuudeltaan rikkaampi.

Tunnistettuja ja nimettyjä lajeja on nykyisin noin 1,5 miljoonaa, joista kasvilajeja noin 300 000 ja eläimiä 1,4 miljoonaa. Useimpien arvioiden mukaan maapallolla on 5–8 miljoonaa eliölajia, tosin jotkut tutkijat arvioivat lajeja olevan jopa 200 miljoonaa. Huonoimmin tunnettuja eliöryhmiä ovat sienet sekä monet selkärangattomat eläimet, kuten hyönteiset. Useita aiemmin nimeämättömiä lajeja löytyykin joka vuosi erityisesti sademetsistä ja valtameristä, mutta myös Suomen luonnosta löydetään ajoittain uusia lajeja. Lajimonimuotoisuuden tutkiminen ja määrittäminen onkin tärkeää, koska lajeja kuolee jatkuvasti sukupuuttoon.

Vaihtolämpöiset eläimet ovat vaikeuksissa Suomen kylmissä oloissa. Meillä elää vain viisi matelijalajia, joista liskoja edustavat sisilisko ja vaskitsa ja käärmeitä kyy, rantakäärme sekä Ahvenanmaalla tavattava kangaskäärme. Maailman yli 6 000 sammakkoeläinlajista Suomessa menestyvät tavallisen sammakon lisäksi vain viitasammakko, rupikonna sekä vesi- ja rupilisko.

Vaikka Suomen lajistoa voidaan pitää tropiikkiin verrattuna köyhänä, meilläkin on noin 45 000 lajia. Maamme kaikkia eliölajeja ei kuitenkaan vielä tunneta kunnolla. Varsinkin monista mikroskooppisen pienistä eliöistä, kuten alkueläimistä ja esitumallisista eliöistä, tiedetään hyvin vähän. Yli puolet kaikista Suomen lajeista on niveljalkaisia, erityisesti hyönteisiä. Monet hyönteisryhmät tunnetaan edelleen melko heikosti. Putkilokasvien arvioitu lajimäärä on noin 1 240 ja sammalten yli 800.

Rupikonna (Bufo bufo) on suurin eurooppalaisista konnalajeista. Rupikonnan iholla olevien rauhasten erite aiheuttaa voimakasta kirvelyä esimerkiksi silmiin jouduttuaan.

Viitasammakko (Rana arvalis) eroaa tavallisesta sammakosta (Rana temporaria) sekä ulkonäkönsä että ääntelynsä perusteella. Viitasammakko on pienempi ja hoikempi, ja sen ääntely muistuttaa veden alle painetun pullon pulputusta.

Vesilisko (Lissotriton vulgaris) kuuluu pyrstösammakoihin, ja se on suhteellisen yleinen Etelä- ja Keski-Suomessa. Vesiliskon läheinen sukulainen rupilisko (Triturus cristatus) elää Suomessa ainoastaan Ahvenanmaalla ja muutamissa vesistöissä Kaakkois- ja Itä-Suomessa.

Ekosysteemien ja elinympäristöjen monimuotoisuus on pääasiassa seurausta elottoman luonnon ympäristötekijöistä. Ilmasto, siis lämpötila, sademäärä ja niiden vuodenaikainen jakautuminen, on tärkein ekosysteemien syntyyn vaikuttava tekijä. Maapallon biosfääri jaetaan suurekosysteemeihin eli biomeihin. Kunkin biomin alueella on myös monia pienempiä ekosysteemejä. Kaikissa ekosysteemeissä elää omanlaisensa, juuri niihin olosuhteisiin sopeutunut eliölajisto.

Encyclopedia of Life

Encyclopedia of Life -projektin tarkoituksena on dokumentoida maapallon tunnistetut eliölajit. Tietokantaa päivitetään jo olemassa olevista, asiantuntijoiden kokoamista tietokannoista, mutta myös käyttäjät voivat osallistua sen ylläpitoon.

Uusia nisäkäslajeja löytyy harvoin. Yksi viimeisimmistä on Kongon demokraattisesta tasavallasta löydetty lesula (Cercopithecus lomamiensis). Laji havaittiin ensimmäisen kerran vuonna 2007, ja geneettisten tutkimusten jälkeen se todettiin tieteelle uudeksi lajiksi.

Ekosysteemien ja elinympäristöjen monimuotoisuus on seurausta ympäristötekijöiden erilaisuudesta

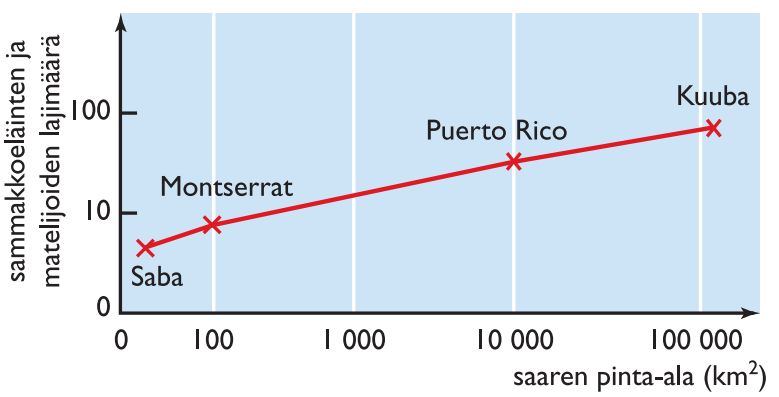
Alueen biodiversiteettiin vaikuttaa kolme tärkeää tekijää: alueelle tulevan energian määrä, abioottisten olojen monipuolisuus ja pysyvyys sekä alueen pinta-ala. Suurin osa maapallon maaekosysteemeistä saa tarvitsemansa energian Auringon säteilystä. Tietylle alueelle tulevan säteilyn määrä voidaan ilmaista esimerkiksi energiamääränä hehtaaria tai neliökilometriä kohti. Maanpinnalle tulevan säteilyn määrä riippuu alueen leveysasteesta. Eniten energiaa saavat päiväntasaajan alueet ja vähiten napa-alueet. Alueelle tulevan säteilyenergian vaikutus biodiversiteettiin näkyy siten, että useimpien eliöryhmien lajimäärät vähenevät, kun siirrytään kohti kylmiä alueita. Päiväntasaajan alueella perustuotannon määrä on suuri, kun taas lähempänä napa-alueita perustuotanto ei riitä ylläpitämään yhtä monimuotoista eliöyhteisöä. Sademetsässä yhden hehtaarin eli noin jalkapallokentän suuruisella alueella on suurempi määrä eliölajeja kuin koko Suomessa.

Olojen pysyminen pitkään samanlaisina mahdollistaa sen, että ekosysteemit ja niiden eliölajisto voivat kehittyä erittäin monipuolisiksi, koska lajeilla on ollut aikaa sopeutua erilaisiin ekolokeroihin. Valtamerten ekosysteemit ja tropiikin sademetsät ovat saaneet kehittyä rauhassa pitkään, kun taas kaikkiin pohjoisen alueen eliöyhteisöihin jääkaudet ovat vaikuttaneet voimakkaasti. Viimeisimmän jääkauden päättymisestä Suomessa on aikaa vain noin 10 000 vuotta. Osa lajeista on vasta levittäytymässä takaisin Suomeen.

Mitä isompi alue on, sitä enemmän se voi sisältää erilaisia elinympäristöjä ja ekolokeroita, joten sitä enemmän siellä voi myös elää eri eliölajeja. Pinta-alan vaikutus biodiversiteettiin näkyy erityisesti saarilla, koska ne ovat selvästi rajattuja alueita. Mitä kauempana saari on mantereesta, sitä vähemmän sinne onnistuu siirtymään yksilöitä muualta.

Edellä kerrottujen kolmen päätekijän lisäksi biodiversiteettiin vaikuttavat kullakin alueella abioottiset tekijät, kuten ravinteet ja vesi. Esimerkiksi Suomessa letot ovat lajistoltaan paljon monipuolisempia soita kuin nevat. Lettojen kasvualustassa on happamuutta

vähentävää kalkkia ja siksi ravinteet ovat helpommin kasvien saatavilla. Sen vuoksi myös ravinteiden suhteen vaateliaat kasvit menestyvät letoilla. Tietyllä alueella voi olla hyvinkin eri laatuisia, kokosia ja muotoisia elinympäristölaikkuja, joissa on oma eliölajistonsa. Abioottisten tekijöiden erilaisuuden takia kahden ekosysteemin raja-alueella yksilö- ja lajimäärä on suurempi kuin kummankaan ekosysteemin sisällä. Tätä ilmiötä kutsutaan reunavaikutukseksi.



Sammakko- ja matelijalajien määrä Länsi-Intian saarilla on yhteydessä saaren kokoon. Suurilla saarilla lajimäärä on suurempi, koska niissä on enemmän erilaisia elinympäristöjä ja siten erilaisia ekologisia lokeroita. Alueen pinta-ala vaikuttaa biodiversiteettiin siten, että lajien lukumäärä kaksinkertaistuu, kun pinta-ala kymmenkertaistuu.

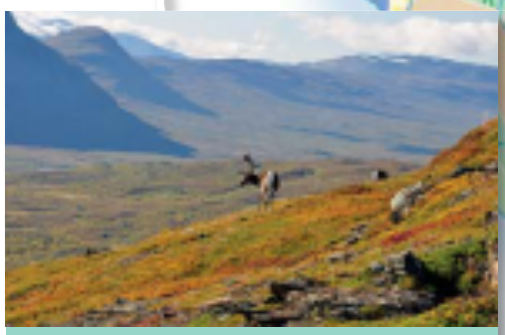
Biomit ovat suurekosysteemejä

Ekosysteemit ryhmitellään suuremmiksi kokonaisuuksiksi eli biomeiksi, joiden esiintymisrajat noudattavat kasvillisuusvyöhykkeiden rajoja. Biomit eli suurekosysteemit jaetaan vesi- ja maabiomeihin. Maabiomeihin kuuluvat trooppiset metsät, savannit, aavikot, arot, Välimeren kasvillisuuden alueet, lauhkean vyöhykkeen lehtimetsät, havumetsät ja tundrat. Vesibiomeihin luetaan makean veden biomit, eli järvet ja virtaavat vedet, sekä suolaisen veden biomit, kuten meret ja suolajärvet. Maailman monimuotoisimpia elinympäristöjä ovat sademetsät, kosteikot ja koralliriutat.

Mitkään ekosysteemit eivät pysy jatkuvasti samanlaisina, vaan niissä tapahtuu muutoksia. Esimerkiksi myrskyjen tai metsäpalon jälkeen metsäekosysteemin eliöyhteisö on täysin erilainen kuin satoja vuosia vanhassa aarniometsässä. Muutokset kuuluvat luonnollisena osana ekosysteemien olemassaoloon ja lisäävät niiden sisäistä monimuotoisuutta. Näin syntyy erilaisten sukkessiovaiheiden luomaa mosaiikkia.

Maabiomit ja niiden sijainti maapallolla

Arojen paksu multakerros on hyvin ravinteikas, ja kasvillisuuden kasvua rajoittava tekijä on veden puute. Sen vuoksi vallitsevana kasvillisuutena ovatkin erilaiset ruohot, heinät ja sipulikasvit. Aroilla tulipalot ovat olleet tärkeä eliöiden sopeutumiseen vaikuttava tekijä. Monet maapallon aroalueet on muutettu pelloiksi tai laitumiksi.



Tundralla elämää eniten rajoittava tekijä on valon ja lämmön puute, mikä ilmenee lyhyenä kasvukautena ja ikiroutana. Kasvit ovat sopeutuneet yhteyttämään lyhyen kesän aikana läpi koko valoisan yön. Suurin osa tundrakasveista kasvaa maanmyötäisesti, jolloin tuuli ei pääse lisäämään veden haihtumista niistä. Monet pedot, kuten tunturipöllöt, liikkuvat pitkiä matkoja ravinnon perässä. Tundralla pikkunisäkkäiden populaatioiden koossa on suuria vaihteluita sen mukaan, miten paljon ravintoa on tarjolla. Kannanvaihtelu aiheutuu pikkunisäkkäiden ja niitä syövien petojen välisestä vuorovaikutuksesta.

- Tundra, jäätikkö ja vuoristoniitty
- Havumetsä
- Lehtimetsä
- Aro ja puoliaavikko
- Aavikko
- Välimeren nahkealehtinen kasvillisuus
- Lämpimän vyöhykkeen ainavihanta metsä
- Savanni
- Trooppinen sademetsä
- Piikkipensasto
- Monsuunikasvillisuus

Trooppisessa sademetsässä kasvukausi jatkuu ympäri vuoden, keskilämpötila on yli +25 °C ja sadetta saadaan tasaisesti 2 000–4 000 mm vuodessa. Maannos on tiilenpunainen latosoli, jossa on niukasti kasveille käyttökelpoisia ravinteita. Hajottajien vilkkaan toiminnan tuloksena kasveille riittää kuitenkin ravinteita. Metsä koostuu pääosin erilaisista lehtipuulajeista ja on hyvin tiheää ja kerroksellista. Metsien alla kasvaa paljon pieniä palmuja, sanikkaisia ja ruohovartisia kasveja. Puiden rungoilla on runsaasti liaaneja ja muita päällyskasveja eli epifyyttejä. Tiheä puusto päästää valosta vain pienen osan maan pinnalle. Maan pinta on aina tasaisen kostea ja kasvillisuudeltaan niukka.

Savannien kasvillisuus koostuu erilaisista heinäkasveista, puista ja pensaista, joiden varassa elää monia kasvinsyöjäeläimiä. Savannikasvit ovat sopeutuneet kuiva- ja sadekausien vaihteluun laajalle ulottuvan juuristonsa ja vettä varastoivien rakenteidensa avulla. Suuret kasvinsyöjäeläimet vaeltavat kuivankauden aikana veden ja ravinnon perässä.

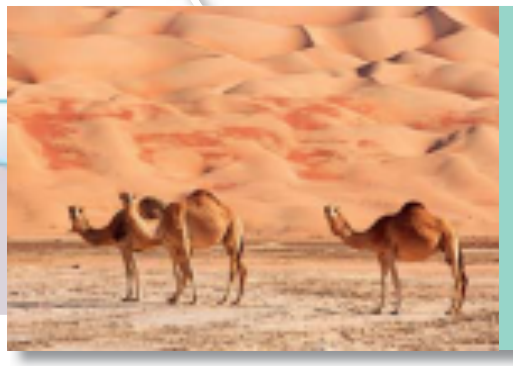
Pohjoiset havumetsät sijaitsevat pohjoisnapaa ympäröivillä lauhkean viileillä alueilla, joille on tyypillistä lämmin kesä ja kylmä talvi. Kasvukauden pituus on 100–200 vuorokautta. Maannos on hapan ja niukkaravinteinen podsoli. Metsien puulajisto koostuu lähinnä ikivihreistä havupuista.

Pohjoinen napapiiri

Välimeren kasvillisuuden alueella kesät ovat kuumia ja kuivia, talvet puolestaan leutoja ja sateisia. Kasvit ovat nahkealehtisiä ja ainavihantia, mikä auttaa sietämään kesän kuivuutta. Kasvit ovat sopeutuneet myös ajoittaisiin tulipaloihin, ja monet lajit ovat jopa riippuvaisia tulesta, sillä muuten ne eivät pysty lisääntymään. Ihmisen vaikutus näkyy selvästi, koska monet alueet on raivattu pelloiksi, laitumiksi tai asutuksen tieltä. Monin paikoin alkuperäisen kasvillisuuden on korvannut piikkipensaikko.

Lehtimetsävyöhykkeellä korostuu valon ja lämpötilan vuodenaikainen vaihtelu. Päivän lyheneminen syksyllä toimii lehtipuille merkkinä varastoida lehtivihreä runkoihin ja pudottaa lehdet talven ajaksi. Monet eläimet vaipuvat talvilepoon tai muuttavat lämpimämmille alueille. Lehtimetsien maaperä on ravinteikasta, ja metsät uusiutuvatkin helposti hakkuiden jälkeen. Suurin osa maailman lehtimetsistä on raivattu pelloiksi tai pois asutuksen tieltä.

Kauriin kääntöpiiri



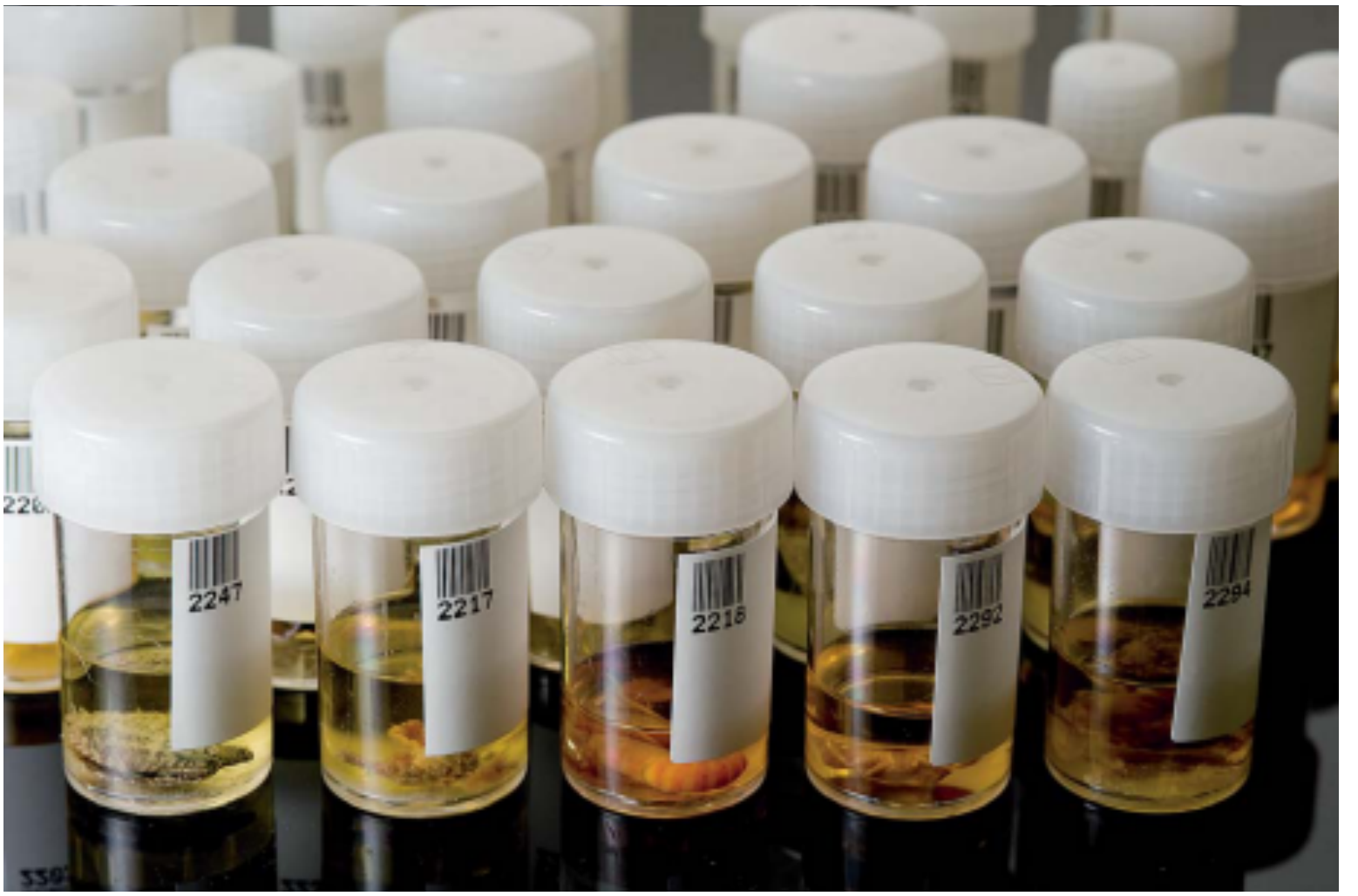
Aavikon eläimet ja kasvit ovat sopeutuneet sietämään veden puutetta. Kasveilla on useita kuivuuden kestävyyttä parantavia rakenteellisia ominaisuuksia, kuten hyvin syvälle ulottuvat juuret, itämiskykyisinä vuosikymmeniä säilyvät siemenet tai vettä varastoivat solukot. Monet aavikoiden eläimet liikkuvat yöaikaan, jolloin on viileämpää ja veden haihtuminen ruumiista vähäisempää. Päiväaktiiviset eläimet, kuten kameli, pystyvät vähentämään veden hukkaa ruumiistaan esimerkiksi väkevöimällä virtsansa.

Eteläinen napapiiri

Miten biodiversiteettiä voidaan tutkia?

Biodiversiteetin merkityksen tiedostaminen ja suojelu edellyttävät riittävää tietoa kaikista kolmesta biodiversiteetin tasosta. Lajin sisäistä monimuotoisuutta voidaan tutkia eliöiden rakenteen, käyttäytymisen ja ulkonäön lisäksi analysoimalla DNA:ssa olevia eroja lajin yksilöiden ja lajin eri populaatioiden välillä. DNA-tutkimuksia on aiemmin tehty lähinnä ihmisen hyödyntämistä kotieläimistä ja ravintokasveista sekä eläintarhojen ja kasvitieteellisten puutarhojen lajeista. On esimerkiksi todettu, että aikoinaan Intiassa on viljelty useita tuhansia erilaisia villiriisilajikkeita, mutta nykyisin määrä on vähentynyt pariinkymmeneen lajikkeeseen. Luonnonvaraisten lajien sisäistä monimuotoisuutta tunnetaan kuitenkin vielä huonosti, koska sen tutkiminen on vasta alkuvaiheessa.

Lajien monimuotoisuus on paremmin tunnettu, ja sitä voidaan tutkia usealla tavalla. Mittaustavan valintaan vaikuttaa se, miten suurta aluetta tutkitaan ja mitä tavoitteita tutkimuksella on. Eniten on käytetty tapaa, jossa lasketaan lajien määrä jollakin alueella. Voidaan esimerkiksi ilmoittaa, kuinka monta eläinlajia Suomessa elää. Tämä mittaustapa ei kuitenkaan aina tarjoa tarkkaa tietoa alueen lajimonimuotoisuudesta, koska lajimäärän kasvu voi johtua uusien lajien saapumisesta, vaikka alkuperäisiä lajeja samanaikaisesti häviäisikin. Lajimäärän laskeminen ei myöskään anna tietoa siitä, miten lajien yksilömäärät jakautuvat alueella.



Lajinmäärityksessä on alettu käyttää DNA-tekniikkaa perinteisen pääasiassa lajin rakenteeseen perustuvan luokittelun rinnalla. Barcoding tarkoittaa, että kultakin lajilta selvitetään tietyn mitokondriossa tai viherhiukkasessa sijaitsevan geenin emäsjärjestys. Näin lajille saadaan ”viivakoodi”, jolloin voidaan määrittää esimerkiksi uudelta alueelta löydetty laji vertaamalla sen DNA:ta aiemmin löydettyihin. DNA-tekniikan käyttöönoton jälkeen on paljastunut, että monet samaksi lajiksi luullut yksilöt kuuluvatkin eri lajeihin. ”Viivakoodin” perusteella voidaan rakentaa eliöiden sukupuita.

Vähemmän käytetty mutta kuitenkin edellistä tarkempi menetelmä lajimonimuotoisuuden tutkimisessa on taksonominen lajimonimuotoisuus eli lajimonimuotoisuus, jonka avulla selviää, kuinka monipuolisesti kaikki eliöryhmät ovat edustettuina tietyllä alueella.

Ekosysteemien ja elinympäristöjen monimuotoisuuden määrittäminen on hankalampaa, koska siihen ei ole olemassa mitään maailmanlaajuisesti sovittua tapaa. Ekosysteemit ovat luonnossa vaikeasti rajattavissa, sillä eri ekosysteemejä ei voi erottaa toisistaan aidoilla, vaan ne ovat vuorovaikutuksessa keskenään.

Joidenkin lajien kartoittaminen on helppoa, niin kuin näiden Galápagossaarten jättikilpikonnien laskeminen. Esimerkiksi sademetsien latvustokerroksen eliölajiston kartoittamisessa joudutaan kuitenkin käyttämään monia apuvälineitä, kuten nostureita ja puiden välille kymmenien metrien korkeuteen viritettyjä köysisiltoja.

Aasiannorsun perinnöllisestä monimuotoisuudesta on saatu uutta tietoa. DNA-analyysi on paljastanut, että Borneon saarilla elää mantereen aasiannorsusta poikkeava, sen alalajiksi luokiteltu kääpiönorsu. Kääpiönorsut ovat eläneet eristyksissä muista aasiannorsuista noin 300 000 vuotta.

Hyönteistutkimusta Panamassa

Suomalaistutkija Tomas Roslin oli mukana yli sadan tutkijan yhteistyössä, jossa selvitettiin Panaman sademetsän niveljalkaislajien lukumäärää. Kansainvälinen tutkijaryhmä laski kaikki maaperän, kasvien ja puiden latvustojen niveljalkaiset kahdeltatoista näytealalta, yhteensä puolen hehtaarin alalta. Kaikkiaan tutkijat keräsivät eri menetelmillä yli 130 000 niveljalkaista. Erityisesti latvuston lajien tutkiminen oli haastavaa. Tutkimuksessa käytettiin muun muassa nostokurkea, suuria heliumpalloja ja helikopterilla latvuston päälle asetettavaa jättimäistä verkkoa. Lisäksi latvustoon suihkutettiin selkärangattomiin vaikuttavaa, luonnosta saatavaa hermomyrkkyä, pyretriiniä, joka sai niveljalkaiset putoamaan alas. Tutkijat tunnistivat kerätyistä näytteistä 6 144 lajia, joista arviolta kaksi kolmasosaa oli tieteelle uusia.

Näytealojen perusteella laskettiin, että koko 6 000 hehtaarin laajuisella suojelualueella elää noin 25 000 niveljalkaislajia. Samanlaista laskentatapaa voidaan käyttää arvioitaessa muidenkin laajojen alueiden lajimääriä. Näin ei tarvitse tutkia koko aluetta, vaan voidaan keskittyä pienempiin alueisiin. Tutkijat havaitsivat myös, että hyönteis- ja kasvilajien määrät ovat yhteydessä toisiinsa. Tätäkin havaintoa voi käyttää hyväksi arvioitaessa tietyn alueen lajimäärää. Alueelta voidaan laskea kasvilajien määrä ja arvioida sen perusteella niveljalkaisten määrä.

Myös Suomen metsien hyönteislajiston kartoittamisessa on käytetty vastaavaa menetelmää esimerkiksi Lieksassa ja Kuhmoisissa. Kartoituksessa löydettiin uusia, ennen nimeämättömiä hyönteislajeja.

TEHTÄVÄT

1. Monimuotoisuuden tasot

Täydennä taulukko.

	Mitä tarkoittaa?	Mistä aiheutuu?	Merkitys?
Lajin sisäinen moni-muotoisuus			
Lajimoni-muotoisuus			
Eko-systeemien moni-muotoisuus			

2. Oikein vai väärin?

Ovatko seuraavat väitteet oikein vai väärin?
Korjaa virheelliset väittämät.

a. Alueen lajimäärä ei ole riippuvainen alueen pinta-alasta.
b. Reunavaikutus ilmenee suurena lajimääränä kahden ekosysteemin raja-alueella.
c. Normaali luonnontilainen ekosysteemi pysyy aina muuttumattomana.
d. Kaikkien luonnonvaraisten nisäkäslajien perinnöllinen monimuotoisuus tunnetaan.
e. Lajien tunnistaminen ei ole tärkeää.
f. Ympäristöolojen pysyminen pitkään samanlaisina lisää monimuotoisuutta.

3. Maapallon ekosysteemien monimuotoisuus

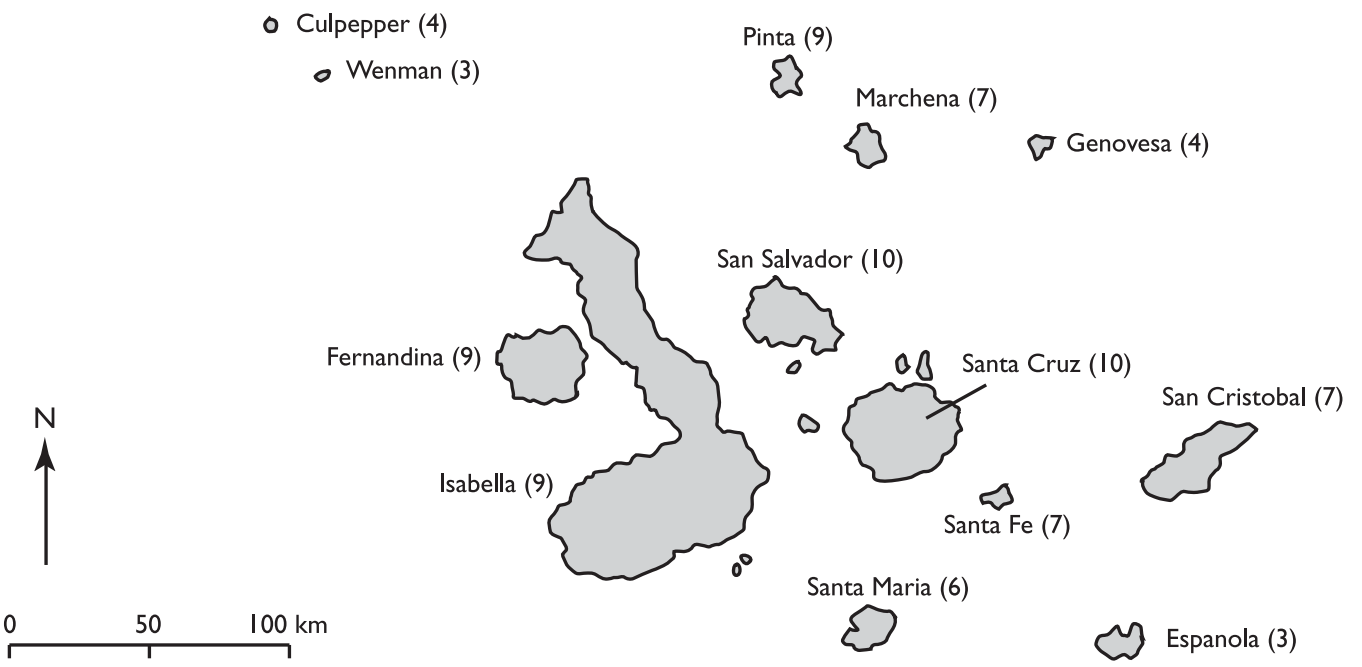
a. Mitkä ympäristötekijät vaikuttavat ekosysteemien monimuotoisuuteen?
b. Missä ekosysteemissä on suurin ja missä pienin lajimonimuotoisuus?
c. Miksi ekosysteemien monimuotoisuuden tutkiminen on vaikeaa?

4. Galápagossaarten sirkut

yo k-98

Galápagossaaret ovat ainutlaatuisen luontonsa ansiosta Unescon maailmanperintökohde. Jo Charles Darwin kiinnitti aikanaan huomiota saarten lukuisiin sirkkulajeihin. Oheiseen karttaan on merkitty kunkin saaren sirkkulajien määrä. Mantereella, noin 1000 km:n päässä saarista, esiintyy laji, joka edustanee saarten sirkkulajien kantamuotoa.

a. Miten saarten sirkkulajit ovat syntyneet, ja miksi lajeja on runsaammin kuin mantereella?
b. Pohdi syitä saarten erilaisiin lajimääriin.



5. Kotikunnan luonnon biodiversiteetin selvittäminen

yo k-09

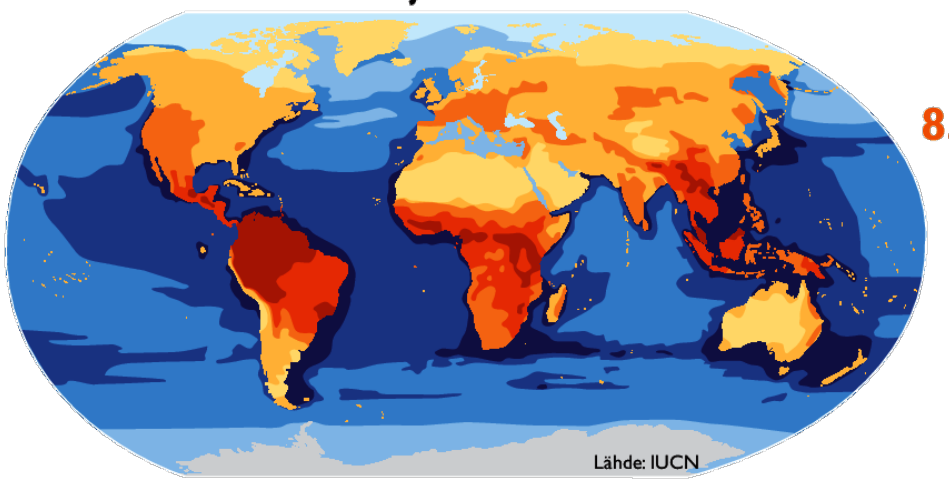
Biologiaan perehtyneenä tehtäväksesi annetaan laatia selvitys kotikuntasi luonnon biodiversiteetistä (monimuotoisuudesta). Millaisin menetelmin tutkisit biodiversiteetin eri tasoja, ja miten havainnollistaisit tuloksiasi?

6. Nisäkkäiden lajimonimuotoisuus

Tarkastele oheista karttaa.

a. Kuvaile kartan tietojen avulla nisäkkäiden lajimonimuotoisuutta maapallolla.
b. Mitkä tekijät vaikuttavat nisäkkäiden lajimonimuotoisuuteen?

Nisäkkäiden lajirunsaus



7. Metsien lajimonimuotoisuus

Ohessa on kolme metsäkasvillisuuden kenttäkerroksen näytealaa. Luvut ovat kasvien peittävyysprosentteja. Minkä näytealan monimuotoisuus on suurin? Perustele.

Lajit	A	B	C
mustikka	60	30	20
metsälauha	5	5	5
metsämaitikka	10	10	5
vanamo	0,5	1	2
metsäkastikka	2	2	5
puolukka	0,5	2	5
kanerva	2	5	10

8. Kotipaikkakunnan ekosysteemien monimuotoisuus

tt

Valitse tutkittavaksi kaksi erilaista ekosysteemiä, esimerkiksi lehto ja kuiva kangasmetsä. Tutki kummankin ekosysteemin kasvi- ja jäkälälajien runsautta ruutuanalyysimenetelmän avulla. Ruutuanalyysissä rajataan ja merkitään maastossa neliömetrin kokoinen ruutu. Laske kaikki ruudussa esiintyvät kasvi- ja jäkälajit. Tunnista ja laske kummastakin ekosysteemistä vähintään viisi ruutua. Laadi tuloksista vertailutaulukko ja analysoi tulokset.

Yhteenveto

Biodiversiteetti on jakautunut maapallolla epätasaisesti.

Biodiversiteettiin vaikuttavat eniten alueen vastaanottama Auringon säteilymäärä, olojen pysyvyys ja pinta-ala.

Biodiversiteetin tasoja ovat: 1) ekosysteemien ja elinympäristöjen monimuotoisuus, 2) lajimonimuotoisuus, 3) lajin sisäinen monimuotoisuus.

Ekosysteemien monimuotoisuus on seurausta abioottisten ympäristötekijöiden vaihtelusta.

Ekosysteemit luokitellaan suuremmiksi kokonaisuuksiksi eli biomeiksi. Niiden esiintymisrajat noudattavat kasvillisuusvyöhykkeiden rajoja.

Avainsanat

biodiversiteetti
biomi
ekosysteemien ja elinympäristöjen monimuotoisuus
lajimonimuotoisuus
lajin sisäinen monimuotoisuus
reunavaikutus

11.

Maapallon ekosysteemien monimuotoisuus on vaarassa

Iso valliriutta Australiassa on sukeltajien ja muiden matkailijoiden suosima luontokohde. Riutan muotoutuminen on kestänyt miljoonia vuosia. Värikäs ekosysteemi koostuu tuhansista erillisistä riutoista ja hiekkaisista saarekkeista. Veden happamoituminen ja lämpeneminen sekä vedenpinnan nousu ovat aiheuttaneet ennätykselliset tuhot maailman koralliriutoilla. YK:n arvion mukaan 60 prosenttia maapallon koralliriutoista on vaarassa tuhoutua vuoteen 2030 mennessä.

Ihminen aiheuttaa ekosysteemeihin nopeita muutoksia

Ekosysteemit muuttuvat koko ajan. Yleensä muutokset ovat hitaita, mutta ihminen aiheuttaa ekosysteemeihin nopeita muutoksia, joihin eliölajit eivät ehdi sopeutua. Ekosysteemeihin ja niiden toimintaan vaikuttaa ennen kaikkea maankäytön muutos. Maankäyttö on muuttunut muun muassa nopean väestönkasvun, kaupungistumisen, teollistumisen ja maatalouden vaikutuksesta. Maankäytön muutokset aiheuttavat luonnon elinympäristöjen häviämistä ja pirstaloitumista. Ihmisen aiheuttamat muutokset ekosysteemeihin voivat olla suoria tai epäsuoria. Ilmastonmuutoksen seurauksena ekosysteemit vaarantuvat erityisesti rannikoilla, vuoristoissa ja napa-alueilla.

Kulottaminen eli metsän polttaminen on edelleen yleistä esimerkiksi Etelä-Amerikassa ja Aasiassa. Kulotuksella saadaan viljelyalueelle ravinteita poltetusta kasvillisuudesta. Kulotetulla alueella voidaan viljellä muutaman satokauden ajan. Tämän jälkeen alueelle ei yleensä kasva enää alkuperäistä kasvillisuutta, esimerkiksi sademetsää.

Kiinassa on yli 20 000 patoa. Näistä suurin on Kolmen rotkon pato, joka valmistui lähes kymmenen vuoden rakentamisen jälkeen 2010. Pato on rakennettu maailman suurimman vesivoimalan tarpeisiin. Padon ja siihen liittyvien tekoaltaiden alueelta pakkosiirrettiin yli miljoona ihmistä. Tekojärvi on 600 kilometriä pitkä, ja sen alle jäi useita kyliä ja kaupunkeja. Padon rakentamisen seurauksena koko alueen ekosysteemi on muuttunut. Lisäksi ympäristöongelmia aiheuttavat kemikaalit, joita liukenee veteen tekojärven alle jääneistä kylistä ja kaupungeista.

Monimuotoisuuskeskukset ovat biodiversiteetiltään rikkaita

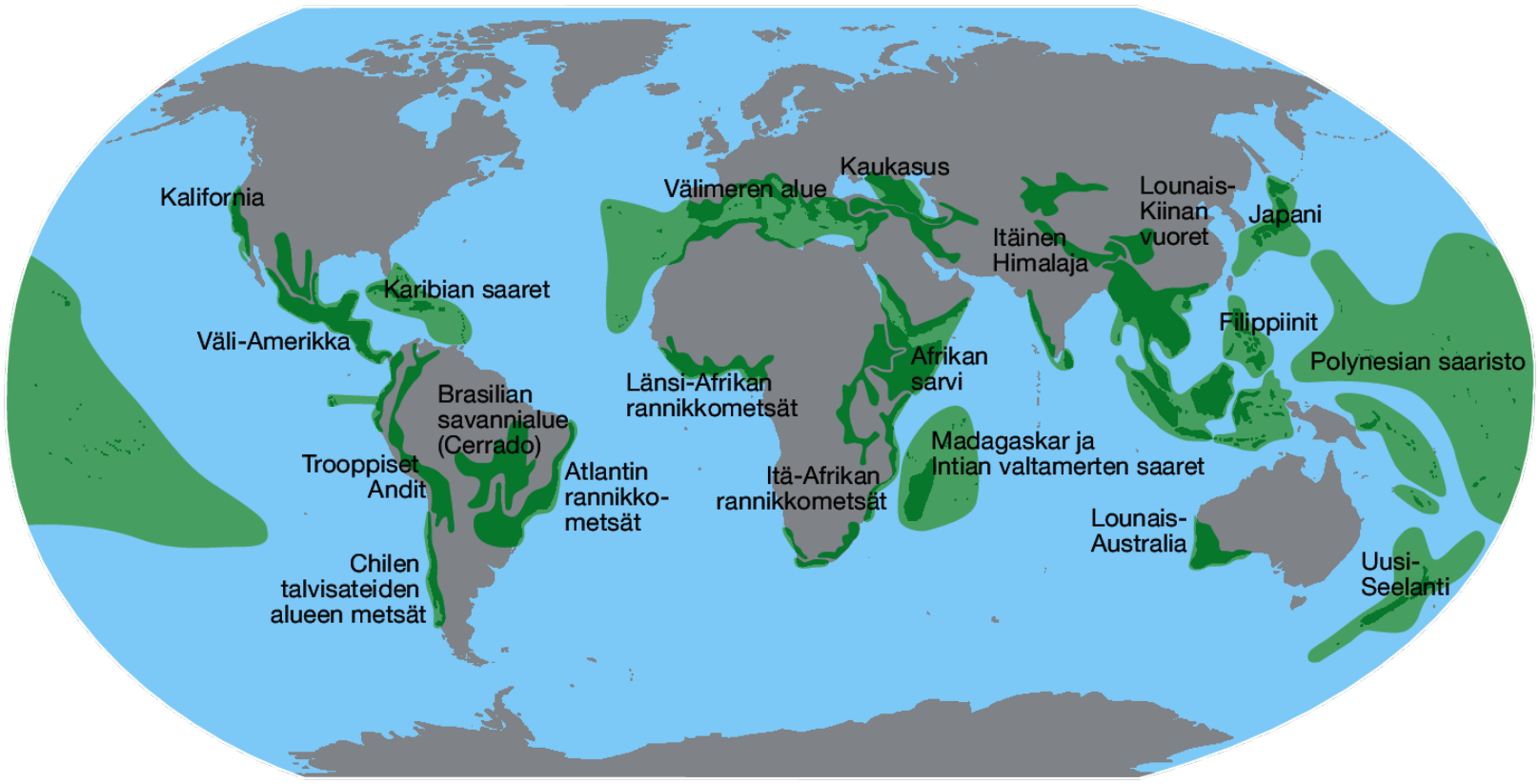
Maapallolla on noin 30 aluetta, joilla elää poikkeuksellisen monimuotoinen eliölajisto. Näitä alueita kutsutaan maailman monimuotoisuuskeskuksiksi. Suurin osa niistä sijaitsee tropiikissa tai subtropiikissa. Niiden yhteenlaskettu pinta-ala on vain hieman yli kaksi prosenttia maapallon maapinta-alasta, mutta niissä elää miltei puolet maailman kaikista tunnetuista putkilokasvilajeista ja kolmasosa kaikista tunnetuista maaselkärankaislajeista. Ympäristönsuojelun rajalliset resurssit on tärkeää kohdentaa oikein, joten tutkijat ovat selvittäneet, mitkä alueet on äärimmäisen tärkeää suojella.

Monimuotoisuuskeskusten lajeista monet ovat endeemisiä eli kotoperäisiä, mikä tarkoittaa sitä, että niitä ei elä missään muualla. Tällainen laji on esimerkiksi Uudessa-Seelannissa elävä kakapo, joka on maailman suurin papukaijalaji.

Monimuotoisuuskeskusten pinta-ala on pienentynyt jatkuvasti asutuksen ja viljelysten levitessä. Tutkijoiden mukaan Brasilian Atlantin rannikon sademetsistä on alkuperäisessä tilassa enää vain pieni osa. Onkin arvioitu, että loppujen metsien hakkaaminen monimuotoisuuskeskuksen läntisellä alueella aiheuttaisi satojentuhansien lajien sukupuuton.

Uuden-Seelannin kakapoja on jäljellä enää alle sata yksilöä.

Maapallon monimuotoisuuskeskukset



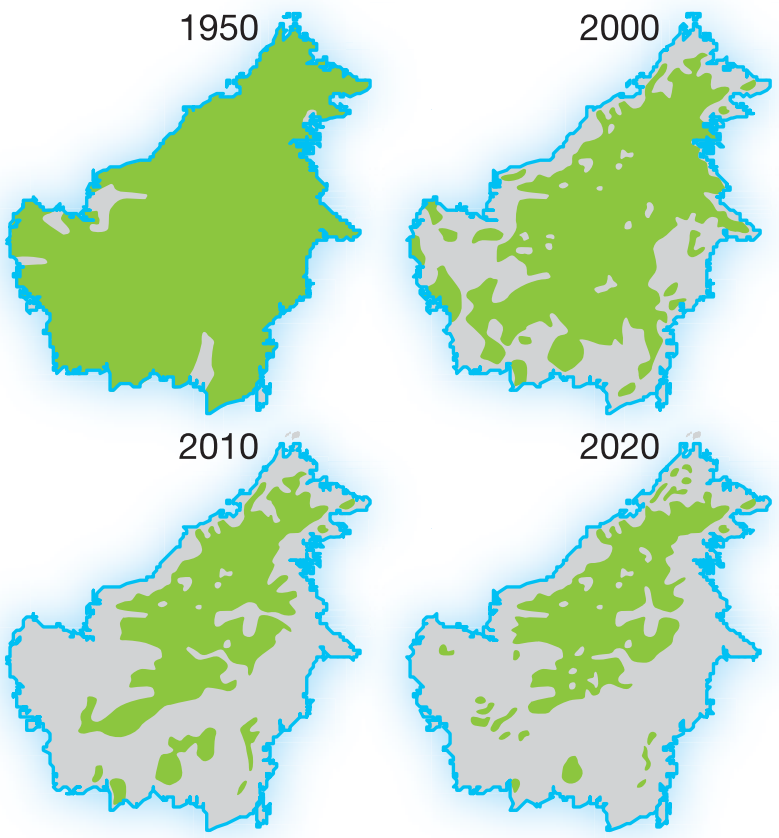
Kartassa on esitetty maapallon monimuotoisuuskeskukset, joissa lajien määrä on erityisen suuri.

Maapallon metsien pinta-ala on pienentynyt

Maapallon metsien pinta-ala on kutistunut kahteen kolmannekseen niiden alkuperäisestä määrästä. Lauhkean vyöhykkeen alkuperäiset lehtimetsät ovat hävinneet lähes kokonaan asutuksen ja viljelysten tieltä. Esimerkiksi Britteinsaarten metsistä noin 90 prosenttia on hakattu. Nykyään metsien häviäminen on nopeinta sademetsien alueella. Sademetsistä on hävinnyt jo puolet. Teollisuusmaissa, erityisesti havumetsävyöhykkeen alueella, metsäpinta-ala on kääntynyt uudelleen kasvuun aktiivisten hoitotoimien ansiosta. Istutetut metsät eivät kuitenkaan vastaa eliölajistoltaan alkuperäistä metsää.

Metsät ovat ekologisesti erittäin tärkeitä ekosysteemejä. Ne muun muassa säätelevät ilmakehän happi- ja hiilidioksidipitoisuutta, estävät eroosiota, vähentävät tulvia ja tarjoavat elinpaikan valtavalle määrälle lajeja. Sademetsien häviämisestä ollaan huolissaan erityisesti sen vuoksi, että niiden biodiversiteetti on ylivoimaisesti suurin verrattuna muihin ekosysteemeihin, vaikka niiden lajistoa ei edes tunneta kunnolla. Vaikka sademetsät muodostavat vain 6 prosenttia maapallon maapinta-alasta, niissä arvioidaan elävän yli puolet maapallon kaikista eliölajeista.

Borneon metsien häviäminen



Borneon metsät, erityisesti sademetsät, ovat vähentyneet nopeasti 1950-luvun jälkeen. Metsiä on kulotettu viljelymaiksi, niissä on tehty avohakkuita ja niitä on raivattu öljypalmun viljelyalueiksi sekä rakentamisen tieltä. Metsäalueet ovat luonnonvaraisina monien eliöiden elinalueita. Esimerkiksi orankien elinalueet ovat pienentyneet ja pirstoutuneet. Vuoden 2020 kartta perustuu tutkijoiden arvioihin.

Trooppisten sademetsien biodiversiteetti vähenee

Maapallon eliölajeista yli puolet ja kasvien biomassasta kolmannes on sademetsissä. Hehtaarin alueella voi tavata useita satoja puulajeja, satoja lintulajeja ja tuhansia hyönteislajeja. Yhdessä ainoassa puuyksilössä voi elää useita kymmeniä muurahais- ja satoja kovakuoriaislajeja. Useimmat selkärankaisetkin elävät latvustossa. Monilla on esimerkiksi tarttumahäntä, joka auttaa niitä puissa kiipeilyssä ja vaikkapa liaanisiltojen muodostaman verkoston hyväksikäytössä. Myös puusta puuhun hyppääviä tai liitäviä lajeja on paljon.

Suurta monimuotoisuutta selittävät sademetsien pitkä evolutiivinen historia ja ekolokeroiden valtava määrä. Lajit elävät hyvin tiheässä pienillä alueilla. Tyypillistä on myös kukkakasvien ja niitä pölyttävien tai syövien eläinten rinnakkainen evoluutio eli

koevoluutio: kukkien rakenne on kehittynyt suosimaan esimerkiksi sellaisia lintuja tai hyönteisiä, jotka pystyvät imemään mettä pitkällä nokallaan tai imukärsällään. Jopa 90 prosenttia kasvilajeista on erikoistunut levittäytymään uusille kasvupaikoille hedelmiä syövien selkärankaisten, esimerkiksi apinoiden, avulla. Mutualistiset, molempia osapuolia hyödyttävät lajien väliset suhteet, ovat tavallisia.

Lämmön ja kosteuden ansiosta biologinen hajotustoiminta on erittäin nopeaa, ja vapautuneet ravinteet sitoutuvat lähes välittömästi takaisin biomassaan. Tärkeimpiä hajottajia ovat bakteerit ja erilaiset sienet. Ravinteikkaan maaperän paksuus on vain noin 10 cm.

Trooppisten metsien häviämisen syitä ovat väestöpaine ja taloudelliset tekijät. Kasvava väestö tarvitsee uusia viljely- ja laidunalueita, joita saadaan sademetsää polttamalla. Jos kaskettu alue on suuri, siihen ei enää kasva entisenlaista metsää tilalle, sillä rankkasateet huuhtovat ohuen, ravinteikkaan pintakerroksen pois. Koska maaperä on muuttunut vähäravinteiseksi, kaskettua aluetta ei voi viljellä kuin muutaman vuoden, jonka jälkeen on siirryttävä polttamaan uutta metsää.

Luonnonvaraisissa sademetsissä yhdellä hehtaarilla voi kasvaa satoja eri puulajeja. Jotta yhtä tiettyä puulajia saataisiin tarpeeksi esimerkiksi vientiä varten, joudutaan hakkaamaan laajoja alueita. Alkuperäiset metsät muutetaan yleensä viljelymetsiksi, joissa kasvaa vain yhtä, usein alueelle vierasta puulajia, kuten eukalyptusta. Monissa maissa sademetsiä on raivattu plantaaseiksi, joissa viljellään tiettyä viljelykasvia, esimerkiksi soijapapua tai tupakkaa, usein hyvinkin voimakkailla menetelmillä. Alkuperäiskansojen kokemuksia metsien hyödyntämisessä ei yleensä oteta lainkaan huomioon.

Brasiliassa sijaitsee kolmannes maapallon jäljellä olevista sademetsistä. On arvioitu, että kahdenkymmenen seuraavan vuoden aikana 25 prosenttia Brasilian sademetsistä tuhoutuu. Brasilian sademetsien säilymistä uhkaavat muun muassa kaivostoiminta ja lisääntynyt soijapavun viljely.

Kosteikkojen säilymisellä on suuri merkitys monimuotoisuudelle

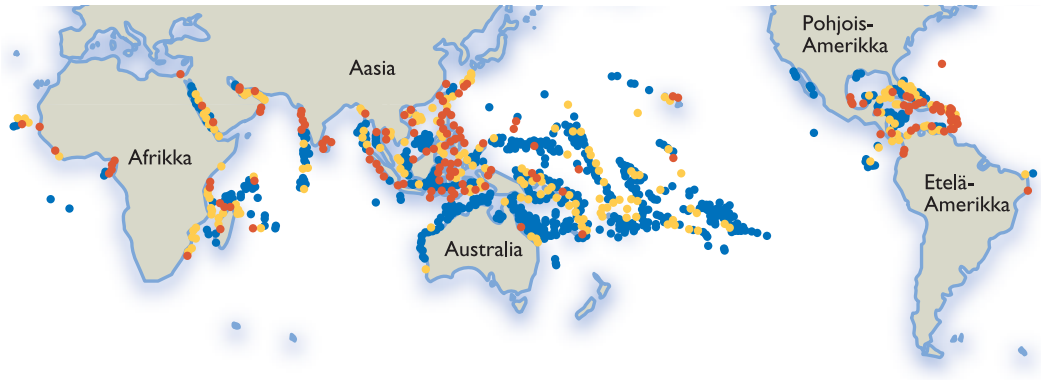
Kosteikot ovat maa- ja vesiekosysteemien välimuotoja. Kosteikoiksi luokitellaan esimerkiksi valtamerien jokisuistot sekä tropiikin vuorovesirannikoiden mangrovemetsät. Näissä elinympäristöissä on runsas ja omaleimainen lajisto, mikä johtuu osaksi kahden ekosysteemin rajalla ilmenevästä reunavaikutuksesta. Kosteikot estävät tulvia, koska ne hidastavat veden valumaa ja tasaavat näin tulvahuippuja. Itse asiassa ne toimivat tulvan torjunnassa paremmin kuin padot ja tekojärvet. On arvioitu, että kosteikkojen kuivaaminen on yksi syy lisääntyneisiin tulviin eri puolilla maailmaa.

Koralliriutat ovat häviämässä

Korallieläimet ovat polttiaiseläimiä, jotka voivat elää mutualistisessa eli molempia osapuolia hyödyttävässä suhteessa tiettyjen yksisoluisten levien ja syanobakteerien kanssa. Korallieläimet muodostavat runkokuntia, koralliriuttoja, koska uudet yksilöt jäävät synnyttyään kiinni emoyksilöön. Koralliriutat vaativat syntyäkseen puhdasta, kirkasta, hapekasta ja yleensä lämpötiltaan yli +18-asteista merivettä. Niissä on paljon erilaisia ekologisia lokeroita, ja sen vuoksi koralliriutat tarjoavat mangrovemetsien tapaan elintilaa ja ravintoa valtavalle määrälle muita eliöitä. On arvioitu, että jopa 65 prosenttia merten kalalajeista on jossakin elämänvaiheessaan riippuvaisia koralliriutoista.

Koralliriuttoja uhkaa veden samentuminen, joka johtuu rantojen rakentamisen ja rantametsien hakkuiden seurauksena veteen pääsevästä lietteestä. Auringonvalon puutteen vuoksi korallieläinten kalkkikuoren sisällä elävät levät eivät pysty yhteyttämään, jolloin korallieläimet tukahtuvat lietteeseen. Toisen

Mangrovemetsät ovat erittäin tuottoisia kosteikkoekosysteemejä, joiden suojissa elää monimuotoinen eliöstö.



Maailman tärkeimpien koralliriuttojen sijainti.

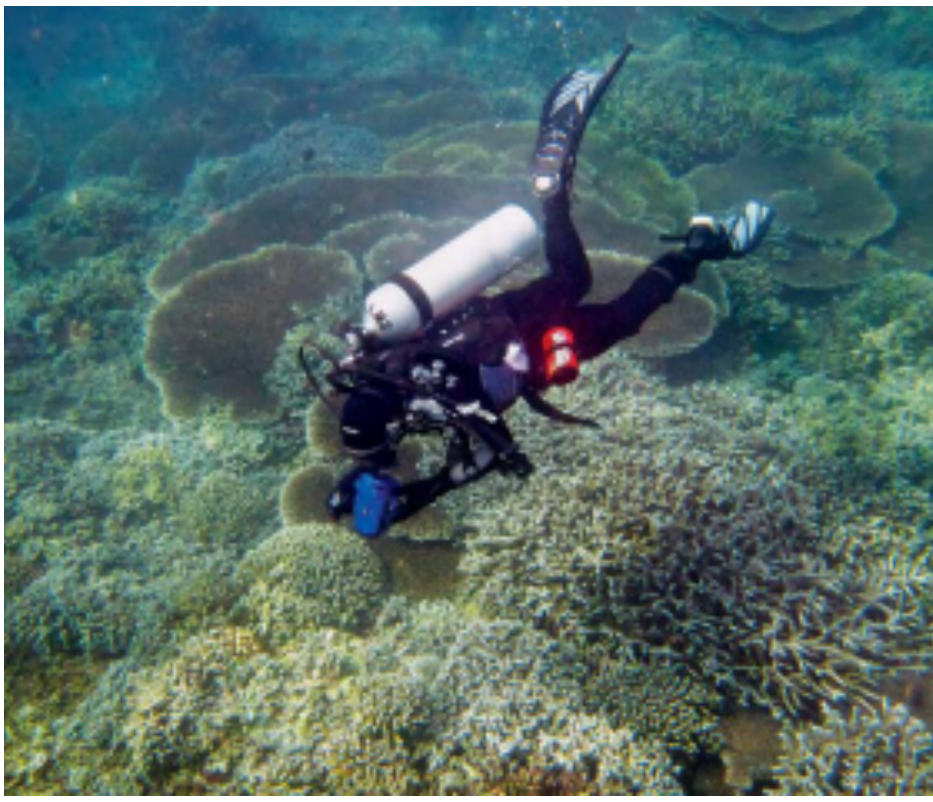
Koralliriuttojen
riski tuhoutua
- vähäinen
- kohtalainen
- suuri

uhan muodostavat korallieläimiä syövät eläimet sekä korallieläimiä vaivaavat taudit ja loiset. Australian Isoa valliriuttaa uhkaa piikkikruunumeritähti (*Acanthaster planci*), joka on ajoittain tuhonnut koralleja laajalta alueelta.

Ilmaston lämpeneminen on suuri uhka koralliriutoille, koska korallit eivät kestä meriveden lämpenemistä. On havaittu, että joillakin alueilla korallit ovat haalistuneet. Tämä johtuu siitä, että korallien sisällä elävät levät joko lähtevät korallista tai menettävät värinsä olosuhteiden muuttuessa nopeasti. Tutkijoiden mukaan korallit kestävät lämpötilaltaan korkeintaan +28-asteista merivettä. Myös turismi saattaa uhata koralliriuttoja, jos turistien annetaan sukelluksen yhteydessä retkillään kerätä koralleja meren pohjasta tai harvinaisia koralleja myydään matkamuistoiksi. Lisäksi veneiden ankkurointi riutoille sekä erilaiset ihmisen luontoon päästämät kemikaalit, kuten öljy, tuhoavat koralliriuttoja.

Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvun seurauksena myös veteen liukenevan hiilidioksidin määrä kasvaa. Tämä aiheuttaa meriveden happamoitumista. Tutkijoiden mukaan meriveden pH voi laskea alhaisemmaksi, kuin mitä se on ollut 20 miljoonaan vuoteen. Meriveden happamoituminen vaikuttaa usealla tavalla merten ekosysteemeihin, erityisesti koralliriuttoihin. Happamoitumisen seurauksena kalkkipitoisten mineraalien saatavuus vähenee. Korallieläimet tarvitsevat kalkkipitoisia mineraaleja kasvuunsa.

Korallieläinten kudoksissa elävät levät yhteyttävät ja tuottavat happea sekä valmistamiaan orgaanisia yhdisteitä korallieläinten käyttöön. Korallieläimet puolestaan luovuttavat leville hiilidioksidia yhteyttämiseen, tarjoavat suojapaikan ja suojaavat niitä UV-säteilyltä. Osa korallieläimistä erittää ympärilleen kalkkirungon. Suuren koralliriutan keskusta muodostuukin kuolleiden korallieläinten tukirangoista, kun taas elävät korallieläimet kasvattavat riuttaa sen laidoilla.



Ilmastonmuutoksen vaikutuksia koralliriuttoihin tutkitaan Tyynenmeren trooppisilla, asumattomilla saarilla. Tutkijat selvittävät kemiallisten analyysien avulla, mitä muutoksia pitkäikäisten korallien elinympäristössä, kuten lämpötilassa ja veden virtauksissa, on tapahtunut.

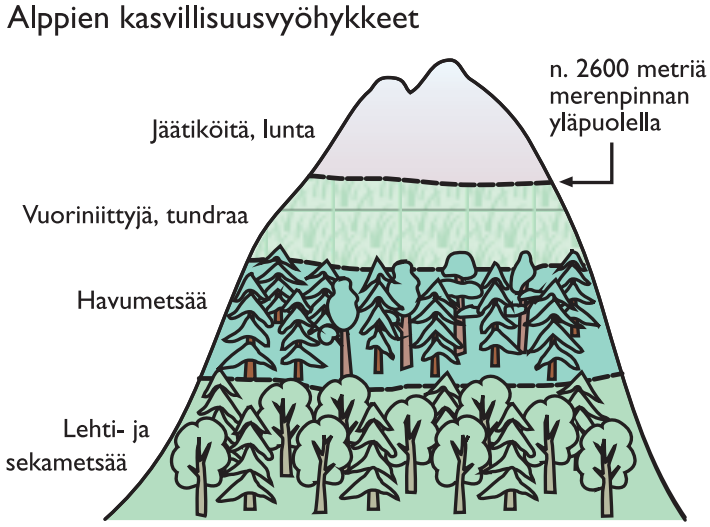
TEHTÄVÄT

1. Monimuotoisuuskeskukset

a. Selitä lyhyesti, mitä käsitteet monimuotoisuus-keskus ja endeeminen laji tarkoittavat.
b. Miksi monimuotoisuuskeskukset ovat tärkeitä luonnon monimuotoisuuden kannalta?
c. Miksi monimuotoisuuskeskusten alueella alkuperäisen elinympäristön pinta-alat ovat pienentyneet?

2. Vuoriston kasvillisuusvyöhykkeet

a. Miksi vuoristoissa ylöspäin kuljettaessa näkyy samanlainen kasvillisuusvyöhykkeiden muuttuminen kuin siirryttäessä päiväntasaajalta kohti napa-aluetta?
b. Mitä vuoriston kasvillisuusvyöhykkeille tapahtuu, jos ilmasto lämpenee?
c. Miksi tropiikin vuorilla on endeemisiä lajeja?



3. Sademetsät

Selvitä seuraavat sademetsien ekologiaan liittyvät tekijät: maaperän ravinnepitoisuus, lajien määrä, ravinteiden kiertonopeus, ekologisten lokeroiden määrä, kasvillisuuden kerroksellisuus, metsän uusiutumiskyky, eliöiden sopeutumiskeinot.

4. Koralliriuttojen elämää

yo k-10

Koralliriuttoja sanotaan merten sademetsiksi.

a. Mitä yhtäläisyyksiä on koralliriuttojen ja sademetsien ekosysteemeissä?
b. Mitkä eliöt ovat näissä ekosysteemeissä tärkeimmät perustuottajat?
c. Tunnista kolme kuvissa esiintyvää selkärangattomien eläinten pääryhmää.
d. Mitkä tekijät uhkaavat koralliriuttoja?

5. Uhanalaiset ekosysteemit

Laadi oheisen mallin mukainen taulukko seuraavien biomien uhkista ja uhkien vaikutuksista: sademetsä, koralliriutat, mangrovemetsät ja havumetsät.

Biomi	Uhkat	Vaikutukset

6. Saarten haavoittuvuus

tt

Osa monimuotoisuuskeskuksista on saaria tai saariryhmiä. Selvitä esimerkkien avulla, millaisia erityispiirteitä saarten luonnossa on. Miten ihmisen toiminta uhkaa saarten alkuperäistä eliömaailmaa?

Yhteenveto

Ihmisen toteuttamat muutokset maankäytössä ovat johtaneet luonnon elinympäristöjen häviämiseen ja pirstaloitumiseen.

Monimuotoisuuskeskukset, joiden alueella elää monia endeemisiä lajeja, ovat biodiversiteetiltään rikkaita.

Maapallon metsäpinta-ala on pienentynyt yhdellä kolmanneksella ihmisen toimien vuoksi.

Sademetsien hakkuiden mukana tuhoutuu tuhansia kasvi- ja eläinlajeja, joista osaa ei vielä edes tunneta.

Koralliriuttoja uhkaavat eniten ilmaston lämpeneminen ja veden samentuminen sekä meriveden happamoituminen.

Avainsanat

endeeminen eli kotoperäinen laji
koralliriutta
kosteikko
mangrovemetsä
monimuotoisuuskeskus
trooppinen sademetsä

12.

Lajimonimuotoisuus on vähentynyt

Sammakkoeläinten populaatiot ovat pienenemässä tai häviämässä joka puolella maapalloa. Syiksi on esitetty lisääntynyttä UV-säteilyä, kosteikkojen vähenemistä, loisia tai ympäristön kemikaaleja, mutta mitään yksiselitteistä syytä sammakoiden häviämiseen ei kuitenkaan tunneta. Niiden vähenemistä voidaan pitää yhtenä hälyttävänä merkkinä siitä, että maapallon biodiversiteetti on uhattuna.

Lajien häviäminen on kiihtynyt

Maapallon nykyinen eliökunta on 3,8 miljardin vuoden aikana tapahtuneen evoluution tulosta. Tänä aikana eliökunta on kehittynyt miljooniksi lajeiksi. Lajien määrän kasvu ei ole ollut tasaista, vaan maapallolla ovat vaihdelleet nopean lajiutumisen jaksot, niitä seuraavat hitaiden muutosten kaudet ja voimakkaat sukupuuttoaallot. Lajien keskimääräinen elinikä on normaalioloissa useita miljoonia vuosia, ja sukupuuttoaallot ovatkin tapahtuneet tuhansien, usein jopa miljoonien vuosien aikana. Lajien häviäminen on siis osa evoluutiota. Useiden arvioiden mukaan yli 95 prosenttia kaikista elämän historian aikana eläneistä lajeista on kuollut sukupuuttoon.

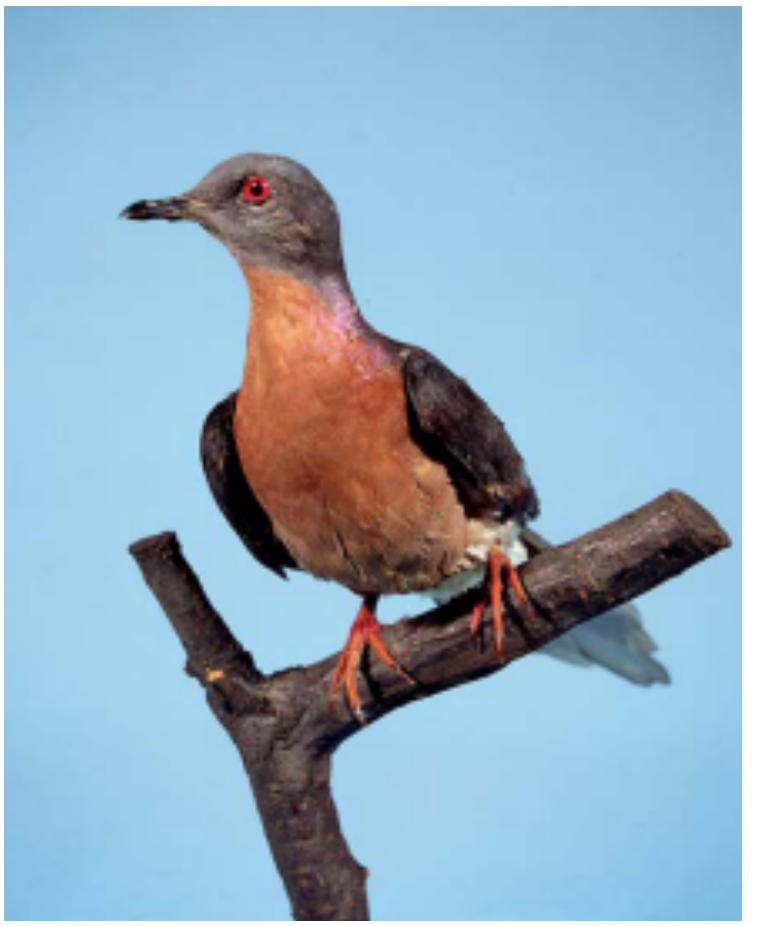
Kasvava ihmiskunta on aiheuttanut kuudennen sukupuuttoaallon

Nykyinen, monien tutkijoiden käsityksen mukaan kuudes, sukupuuttoaalto on ihmisen aiheuttama. Ihminen tuhoaa ja pirstoo eliöiden elinympäristöjä sekä pienentää luonnonvaraisten eliöiden kantoja metsästämällä ja kalastamalla. Ilmastonmuutos ja kemikalisoituminen uhkaavat lajien säilymistä. Ihminen on toimillaan kasvattanut huomattavasti sukupuuttojen määrää luonnon omaan nopeuteen verrattuna. Esimerkiksi maapallon noin 9 000 lintulajista yli tuhat on uhanalaisia. Monien sammakkoeläinten ja kalojen sukupuuttoihin ihmisen vaikutus on vielä suurempi. Tunnetuimpia uhanalaisia nisäkkäitä ovat jättiläispanda ja aasialaiset sarvikuonolajit. Tutkijoiden mukaan maapallolta häviää joka päivä kymmeniä lajeja, eniten sademetsien lajistoa. Maailman luonnonsuojeluliitto IUCN (The International Union for Conservation of Nature) julkaisee säännöllisesti ”Punaisia kirjoja” eli uhanalaisuuskartoituksia maailman eliölajeista. Tietojen avulla voidaan ryhtyä suojelemaan lajeja ja seurata, miten siinä on onnistuttu.

Tiettyjä lajeja metsästämällä ihminen on jo tuhansia vuosia vaikuttanut lajimonimuotoisuuteen. Australian alkuasukkaat hävittivät joitakin kengurulajeja sukupuuttoon jo paljon ennen Euroopasta tulleita siirtolaisia. Saman kohtalon kokivat Madagaskarin, Mauritiuksen ja Uuden-Seelannin jättilinnut noin tuhat vuotta sitten. Pohjoisten napa-alueiden siivettömän ruokin, Stellerin merilehmän ja Pohjois-Amerikan muuttokyyhkyn sukupuutoista on kulunut 200–300 vuotta.

Miten pieneksi lajin yksilömäärä voi laskea, ennen kuin on ryhdyttävä tekemään jotakin? On arvioitu, että 500 lisääntymisiässä olevaa yksilöä muodostaa populaatiokoon kriittisen alarajan. Kun yksilömäärä vielä pienenee, tapahtuu pullonkaulailmiö: tulevat sukupolvet ovat vain harvojen yksilöiden jälkeläisiä, mistä seuraa lajin geenivaraston yksipuolistuminen. Tällöin laji ei enää ehkä pysty sopeutumaan ympäristöolojen muutoksiin.

Sopivien elinympäristöjen väheneminen voi aiheuttaa eläin- ja kasvilajeille niin sanottua sukupuuttovelkaa. Sukupuuttovelka syntyy siitä, että eliöt reagoivat viiveellä elinympäristön muutoksiin. Lajit eivät häviä esiintymispaikoiltaan välittömästi, vaan pitkän ajan kuluttua siitä, kun niiden elinympäristössä on tapahtunut muutoksia. Vaikka elinympäristön muuttuminen pysähtyisi, laji voi silti kuolla sukupuuttoon jonkin ajan kuluttua. Eniten ympäristön muutoksista kärsivät vaateliaat lajit, kuten vanhojen metsien lahopuilla elävät kovakuoriaiset. Myös pitkäikäisille lajeille, kuten monivuotisille kasveille ja puiden rungoilla eläville jäkälille ja sienille, voi muodostua sukupuuttovelka. Toisaalta esimerkiksi niittykasveilla lajien häviäminen epäedulliseksi muuttuneelta alueelta voi kestää vuosikymmeniä.



Pohjois-Amerikan muuttokyyhky oli 1800-luvun alussa maailman runsain lintulaji. Joka toinen pohjoisamerikkalainen lintu oli muuttokyyhky. Sitten muuttokyyhkyjä alettiin metsästää halvaksi ruuaksi orjille ja köyhille, ja vuosisadan lopulla muuttokyyhkykannassa tapahtui romahdus. Metsästyksen rajoitukset eivät enää pelastaneet muuttokyyhkyä. Viimeinen varma havainto villistä muuttokyyhkystä tehtiin vuonna 1900. Kuvan muuttokyyhky on täytetty.

Millaiset piirteet tekevät lajista helposti vaarantuvan?

Ihmisen aiheuttamien elinympäristöjen muutosten ja pirstoutumisten lisäksi sukupuuttoon kuolemisen uhkaan vaikuttavat lajien omat ominaisuudet. Laji on häviämisvaarassa, jos se esiintyy vain tietyllä maantieteellisesti suppealla alueella eli on endeeminen, kuten monet valtamerten eristyneiden saarten eläimet ja kasvit.

Myös suuri koko on riski, koska suurilla lajeilla on yleensä myös hidas lisääntymisnopeus. Niiden jälkeläisten määrä on pienempi ja sukukypsyysikä korkeampi kuin pienempikokoisilla lajeilla. Esimerkiksi sinivalas synnyttää yhden jälkeläisen 2–5 vuoden välein ja tulee sukukypsäksi vasta 25-vuotiaana. Hitaasti lisääntyvät lajit eivät ehdi toipua, jos populaatiokoko on pienentynyt liikaa.

Kynnetön manaatti kuuluu sireenieläinten lahkoon ja elää Amazonin alueen joissa. Kynnetön manaatti on rauhoitettu, eikä niiden tarkkaa lukumäärää tiedetä. Laji harvinaistuu edelleen salametsästyksen takia. Sen sukulaislaji oli Stellerin merilehmä, joka saattoi olla 7–8 metriä pitkä ja painaa jopa 3 000 kg. Laji löydettiin vuonna 1741, ja viimeinen Stellerin merilehmä tapettiin noin kolmekymmentä vuotta myöhemmin.

Gepardit ovat evoluutionsa aikana käyneet läpi niin sanotun pullonkaulailmiön, ja niiden perinnöllinen monimuotoisuus on nykyisin hyvin vähäistä. Tämä uhkaakin gepardien selviämistä, jos olosuhteet äkillisesti muuttuvat. Gepardien vähäinen monimuotoisuus on uhkatekijä, vaikka olosuhteet eivät muuttuisikaan. Pienissä populaatioissa esiintyvä sukusiittoisuus saattaa johtaa populaation häviämiseen.

Monet lajit ovat elinympäristövaatimuksiltaan kapea-alaisia, joten ne eivät pysty sopeutumaan ympäristön muutoksiin. Esimerkiksi valkoselkätikka tarvitsee elinympäristökseen vanhaa, lahoavaa koivumetsää ja jättiläispanda syö vain bambunversoja. Sijainti ravintoketjun huipulla voi tehdä lajista helposti vaarantuvan. Esimerkiksi huippupedot kärsivät niihin rikastuvista ympäristömyrkyistä.

Monet orkideat ovat olleet erikoisen ulkomuotonsa vuoksi haluttuja keräilykohteita. Orkideat ovat tyypillisiä tropiikin kasveja, ja useat niistä esiintyvät vain hyvin suppeilla alueilla. Orkideojen keruu on tehnyt monista lajeista uhanalaisia. Kuvan puikkokämmekkä on Helsingin kasvitieteellisestä puutarhasta, jossa kaikki uhanalaiset lajit on merkitty punaisella nimikyltillä.

Papukaijat ovat olleet suosittuja lemmikkieläimiä esimerkiksi älykkyytensä tai näyttävän ulkonäkönsä vuoksi. Luonnosta pyydetyistä papukaijoista jopa 80 prosenttia kuolee joko pyydystyksen tai kuljetuksen aikana.

Joillekin eläimille niiden käyttäytymisen erikoispiirteet ovat uhkatekijä. Lintujen säännölliset muuttoreitit tekevät niistä helposti metsästettäviä. Monet lentokyvyttömät linnut, kuten sukupuuttoon kuollut drontti, eivät osanneet pelätä ihmistä, ja niitä oli helppo pyydystää. Kuvassa linnunpyytäjiä Maltalla.

Ihminen on taloudellista voittoa tavoitellessaan vainonnut joitakin lajeja sukupuuton partaalle. Suurikokoiset eläimet, kuten valaat, ovat olleet haluttua riistaa. Sarvikuonon sarvet, norsunluu tai kissaeläinten turkit ovat tuottaneet salametsästäjille valtavia voittoja. Osan lajeista ihminen on kokenut kilpailijakseen, ja metsästänyt niitä sen vuoksi. Tästä on esimerkkinä ahma, jota on poronhoitoalueella vainottu. Ihmisten tuntema pelko tai viha petoja kohtaan on voinut koitua joidenkin eläinlajien kohtaloksi.

Itämaisessa lääketieteessä sarvikuonon sarvesta tehdyllä jauheella on tärkeä asema. Sen uskotaan parantavan aidsia ja epilepsiaa sekä kohottavan miehistä potenssia. Sarvikilosta maksetaan Kaukoidässä kymmeniä tuhansia dollareita. Toinen itämaisessa lääketieteessä hyvin arvokkaana pidetty eläinlaji on tiikeri, jonka ruumiinosista valmistetaan useita erilaisia lääkkeitä. Elinympäristön tuhoutumisen lisäksi salametsästys onkin tärkeä näiden lajien olemassaoloa uhkaava tekijä.

Suomen lajien uhanalaisuutta kartoitetaan

Vuonna 2001 Suomessa tehtiin ensimmäinen uhanalaisuuskartoitus, jossa arviointikriteereinä käytettiin kansainvälisen luonnonsuojelujärjestön uhanalaisuuskriteereitä. Arviointiperusteena oli lajin häviämistodennäköisyys, johon riittää lajin harvinaisuus tai esiintymisalueen pieni koko. Tässä kartoituksessa arvioiduista lajeista 1 500 luokiteltiin tuolloin uhanalaisiksi tai vaarantuneiksi. Uhanalaisuusluokitus tehtiin uudelleen vuonna 2010. Lajeja arvioitiin tällöin 21 400, mikä on lähes puolet Suomen eliölajeista. Tehdyn arvioinnin mukaan Suomessa on 2 247

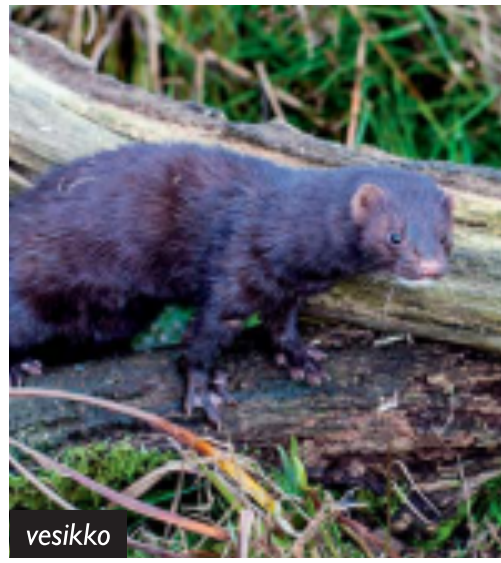
Esimerkkejä lajeja uhkaavista tekijöistä

- pyynti
- keräily
- häirintä
- maa- ja kallioperän kuluminen
- rakentaminen
- kaivostoiminta
- peltomaiden muutokset
- pellonraivaus
- ojitus ja turpeenotto
- metsien uudistamis- ja hoitotoimet
- metsien puulajisuhteiden muutokset
- vanhojen metsien ja kookkaiden puiden väheneminen
- kemiallisten aineiden haittavaikutukset
- ilmastonmuutos
- muiden lajien aiheuttama kilpailu
- muutokset talvehtimisalueilla

uhanalaista lajia. Se on noin kymmenen prosenttia Suomen lajeista. Tehostunut metsätalous on vähentänyt erityisesti vanhojen metsien määrää, ja siksi esimerkiksi lahoavaa puuainesta ravinnokseen käyttävät lajit ovat muuttuneet uhanalaisiksi. Yli puolet Suomen kaikista uhanalaisista lajeista on vanhojen metsien lajeja. Erityisesti sienet ja kovakuoriaiset kuuluvat tähän ryhmään. Kun verrataan vuosikymmenen alussa ja lopussa tehtyjä arvioita toisiinsa, huomataan, ettei Suomen lajiston uhanalaistumista ole saatu pysähtymään. Soiden, kallioiden, rantojen ja tunturipaljakoiden lajiston uhanalaistuminen on päinvastoin kiihtynyt.

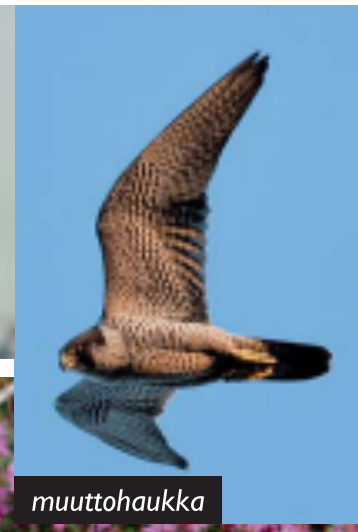
Uhanalaisuusluokat	Esimerkkilajeja
1. Hävinneet (332) – ei havaintoja vuosina 1850–1960	monni, vesikko, siperianlillukka
2. Äärimmäisen uhanalaiset (313) – välitön sukupuuton vaara Suomessa	naali, meritaimen, meriharjus, harjusinisiipi, saimaannorppa, ahma, kertunhiippasammal
3. Erittäin uhanalaiset (726)	valkoselkätikka, rupilisko, susi, arnikki
4. Vaarantuneet (1208) – korkea häviämisriski	neidonkenkä, maakotka muuttohaukka, jouhisorsa, jokihelmisimpukka, karhu, ilves
5. Silmällä pidettävät (1867) – taantuneita, harvinaisia tai huonosti tunnettuja lajeja – kannan kehitystä Suomessa seurattava	kottarainen, metsäjänis, selkälokki, kangasajuruoho
6. Puutteellisesti tunnetut (514)	

Lähde: Ympäristötilasto. Vuosikirja 2012. Tilastokeskus, s. 112


vesikko

ahma

rupilisko


muuttohaukka

kangasajuruoho

Jotkin lajit hyötyvät ihmisen toiminnasta

Useat lajit ovat runsastuneet vuosikymmenten aikana. Kaikille näille lajeille on yhteistä laaja-alaisuus, toisin sanoen niiden elinympäristövaatimukset ovat väljät. Lajien runsastumiseen voi olla useita syitä. Joitakin lajeja, kuten talitiaista tai sinisorsaa, ihminen ruokkii ja siten pienentää niiden kuolleisuutta ja lisää poikastuottoa. Varpuset ja kalliokyyhkyt ovat löytäneet uudeksi elinympäristökseen kaupungin. Kaikkiruokaisia ja erilaisiin elinympäristöihin sopeutuvia lajeja ovat esimerkiksi varis ja supikoira.

Metsänhoidosta ovat hyötyneet sellaiset lajit, jotka löytävät ravintoa tai pesäpaikkoja nuorista metsistä. Tällaisia lajeja ovat esimerkiksi hirvi ja pajulintu. Vesistöjen rehevöityessä monet kasvilajit, kuten järviruoko ja ulpukka, ovat runsastuneet. Myös ilmaston lämpeneminen on hyödyttänyt joitakin lajeja, kuten harmaahaikaraa, rusakkoa sekä monia muita tulokaslajeja.

Alueen alkuperäislajistoon kuulumattomista lajeista voi tulla häiriköitä

Ihminen on siirtänyt tietoisesti tai vahingossa tuhansia eläin- ja kasvilajeja aivan uusille alueille. Tarkoituksena on usein ollut tuoda ihmisen kannalta hyödyllisiä eliöitä uuteen elinympäristöön. Nämä vieraslajit voivat toki lisätäkin luonnon monimuotoisuutta, erityisesti kaupunkiympäristössä, mutta usein niiden vaikutus luontoon on haitallinen. Uuteen ympäristöön tuodut tai ihmisen seuralaisina tulleet vieraat lajit ovat elinympäristöjen vähenemisen jälkeen toiseksi suurin syy siihen, että maapallon lajikirjo kuihtuu.

Suurimmat tuhot aiheutuvat yleensä sellaisille ekosysteemeille, joissa tulokkailla ei ole luontaisia vihollisia. Valtamerten saaret, järvet ja muut vastaavankaltaiset maantieteellisesti eristyneet alueet ovat juuri tällaisia paikkoja. Suurin osa näiden alueiden tulokaslajeista on ihmisen sinne tuomia vieraslajeja. Tulokaslajilla voi olla sama ekologinen lokero kuin alkuperäisellä lajilla, ja syrjäyttävän kilpailun seurauksena alkuperäinen laji häviää tai sen elinalue kaventuu. Tulokaslajin mukana voi myös saapua jokin uusi tauti tai loinen, joka on tuhoisa alkuperäiselle lajistolle. Tulokaslajit ovat yleensä tehokkaita laajentamaan elinalueitaan ja muuttuvat alkuperäisen lajiston kilpailijoiksi. Monet lajit, kuten vuohet, kaniinit ja rotat, näyttävät menestyvän paremmin ihmisen seuralaisina. Kylmä ja ankara ilmastokaan ei estä vieraiden lajien sopeutumista, mikäli ne löytävät sopivan eko-

Niilinahven on yksi maailman pahimmista elintilaa valtaavista vieraslajeista. Keski-Afrikassa sijaitsevaan Victorianjärveen istutettiin 1950-luvulla jopa 200-kiloisiksi kasvavia niilinahvenia. Niilinahvenilla ei ollut järvessä luontaisia vihollisia, ja pikkukaloja oli runsaasti niiden ravinnoksi. Kolmenkymmenen vuoden kuluttua niilinahventen osuus kaikista kaloista oli 80 %. Se on ajanut sukupuuttoon tai uhanalaiseksi useita satoja alkuperäislajeja.

logisen lokeron. Suomeenkin on kotiutunut yli 600 vierasta kasvi- ja eläinlajia.

Monet koristekasvit ovat levinneet puutarhoista valloittamaan uusia elinympäristöjä. Komeasti kukkiva lupiini kotiutuu tienvarsille, kedoille sekä pientareille ja voi tehokkaampana kilpailijana syrjäyttää kissankellot ja monet muut niittykasvit. Jättipalsami uhkaa luonnonvaraista lehtopalsamia. Suomenlahden rannikoilla leviävä kurtturuusu taas valtaa hiekkarantoja ja rantaniittyjä ja muuttaa ne monille kotoperäisille kasveille ja hyönteisille sopimattomiksi. Joskus ihminen on tahattomasti aiheuttanut kasvilajin siirtymisen uudelle alueelle. Esimerkiksi idänkeulankärki on levinnyt alkuperäisiltä kasvupaikoiltaan Salpausselältä laajalle alueelle sorankuljetusten seurauksena.

Jättiukonputki selviää monenlaisen kasvillisuuden joukossa, syrjäyttää alkuperäisiä kasvilajeja ja lisääntyy erittäin tehokkaasti. Jättiukonputki on voimakkaasti allergisoiva, ja sen soluneste sisältää valolle herkistäviä aineita. Ihokosketus aiheuttaa palovamman kaltaisia rakkuloita. Kansallisen vieraslajistrategian tavoitteena on hävittää jättiputket Suomesta kokonaan seuraavien 10–20 vuoden aikana.

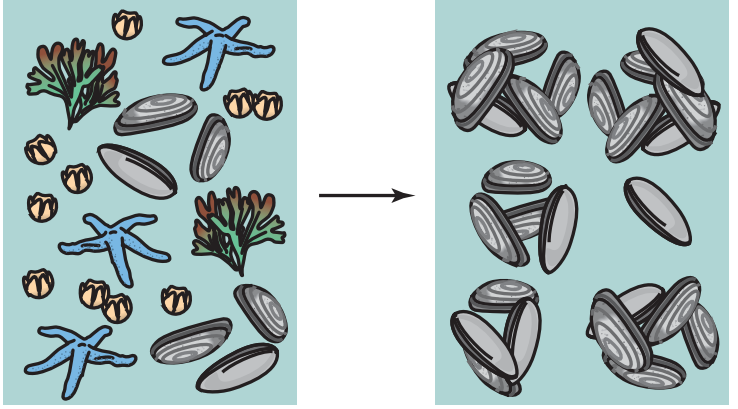
Piisami on pohjoisamerikkalainen jyrsijä, joka tuotiin Suomeen turkiseläimeksi 1920-luvulla. Nykyisin piisami on levinnyt koko maahan pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta. Piisami on aiheuttanut merkittäviä muutoksia monien järvien kasvillisuudessa.

Avainlajien väheneminen vaikuttaa moniin lajeihin

Monet tutkimukset viittaavat siihen, että mitä enemmän lajeja elää yhdessä, sitä vakaamman ja tuottavamman ekosysteemin ne yleensä muodostavat. Jokainen laji on yhtä ainutkertainen ja yhtä arvokas. Monissa ekosysteemeissä on kuitenkin avainlajeja, joiden olemassaolo on välttämätöntä muiden lajien ja koko ekosysteemin säilymiselle. Jokaisen lajin häviäminen jättää aina aukon ravintoverkkoon. Kun aukkoja tulee tarpeeksi, koko ravintoverkko voi romahtaa. Avainlajin häviäminen on kuitenkin ravintoverkon toimivuuden kannalta erityisen kohtalokasta.

Monenlaisissa metsissä viihtyvä, runsaasti lehtikariketta tuottava haapa on hyvä esimerkki suomalaisen metsän avainlajista. Se tarjoaa elämän edellytykset monille sammal-, levä- ja jäkälälajeille, jotka eivät menesty muiden puulajien rungoilla. Haavasta hyötyviä selkärangattomia lajeja on laskettu olevan lähes viisisataa. Haavan kuori, versot ja norkot ovat hirvien, jänisten, liito-oravien ja myyrien ravintoa. Lahottajasienten pehmentämään puuainekseen voivat pesiä kolopesijät, kuten tikat, pöllöt ja tiaiset. Haavan kanssa mutualistisessa suhteessa elää monia sienilajeja, ja myös useat loissienet, kuten erilaiset kääpälajit, viihtyvät haavan rungolla. Haavan lehtikarike on ravinteikasta, helposti lahoavaa ja kalkkipitoista. Siksi haapa vähentää metsämaan happamuutta ja parantaa muiden kasvien kasvuoloja. Metsätalous piti haapaa aiemmin roskapuuna ja havupuita kiusaavien ruostesienitautien levittäjänä. Haapojen liiallinen harventaminen metsänhoidollisista syistä voi kuitenkin yksinkertaistaa metsäekosysteemiä.

Kullakin ekosysteemillä on omat avainlajinsa. Sinisimpukka on rakkolevän ohella yksi Itämeren vesiekosysteemin avainlajeista. Itämeren sinisimpukka on biomassaltaan kovien pohjien valtalaji. Pienet sinisimpukat ovat monien selkärangattomien pohjaeläinten sekä kalojen ravintoa. Haahkat syövät aikuisia sinisimpukoita. Simpukat suodattavat ravinnokseen vedessä olevaa planktonia sekä hajonnutta eloperäistä ainesta ja vähentävät näin veden sameutta. Sinisimpukoiden väheneminen tai häviäminen muuttaisi koko Itämeren ekosysteemin rakenteen ja toiminnan.



luonnollinen tilanne

tilanne petomeritähden häviämisen jälkeen

Brittiläinen tutkimus osoittaa, että jos sikäläinen kalliorannan avainlaji, petomeritähti (Pisaster ochraceus), poistetaan kokonaan rannalta, eliöyhteisön rakenne muuttuu. Pedon puuttuessa sinisimpukat valtaavat koko kalliorannan, eikä muille lajeille jää enää elintilaa.

Metsäekosysteemin avainlajina voidaan pitää myös tavallista kekomuurahaista. Muurahaisilla on monipuolinen vaikutus koko metsäluontoon. Ne saalistavat metsän hyönteisiä, suosivat kirvoja, ovat itse muiden eläinten ravintoa ja liikuttelevat valtavan määrän biomassaa. On arvioitu, että neliömetrin alueella voi olla jopa 2 000 muurahaista ja että yhden keon muurahaisyhdyskunta kuluttaa kesän aikana noin 20 kiloa saalishyönteisiä ja 800 kiloa kirvojen eritteitä.

Lajin sisäinen monimuotoisuus on lajin henkivakuutus

Evoluutio perustuu pääasiassa perinnölliseen muunteluun ja luonnonvalintaan. Lajin sisäisen monimuotoisuuden on havaittu lisäävän lajin ja sen populaatioiden selviytymiskykyä ympäristönmuutoksissa. Se on henkivakuutus, jolla laji sopeutuu varmemmin muuttuviin olosuhteisiin. Uhkatekijät, kuten taudit, loiset, tuholaiset ja elinympäristön saastuminen, kohtelevat ankarimmin sellaista lajia, jonka yksilöt muistuttavat perimältään hyvin paljon toisiaan.

Mitä pienempi populaation koko on, sitä suuremmaksi sattuman vaikutus kasvaa. Myös sisäsiittoisuus lisääntyy. Lajin geenivarasto pienenee entisestään, ja todennäköisyys haitallisen resessiivisen alleelin ilmenemiseen jälkeläisissä kasvaa. Eläintarhoissa tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että sisäsiittoisilla lajeilla poikaskuolleisuus on huomattavasti suurempi ja yksilöiden taudinkestävyys huonompi kuin lajeilla, joiden populaatio on suuri.

Kuukkelit ovat yksiavioisia ja hyvin paikkauskollisia lintuja. Elinympäristönään ne suosivat vanhoja metsiä. Pohjanmaalla elävistä kuukkeleista on kerätty tietoa 29 vuoden ajan. Siellä vanhoja metsiä on jäljellä enää yksittäisinä laikkuina. Eri kuukkelipopulaatioiden välillä ei juurikaan ole muuttoliikettä, koska kuukkelit eivät uskalla ylittää avoimia alueita. Tutkimuksissa on muun muassa selvinnyt, että jotkin kuukkelipopulaatiot muodostuvat toisilleen hyvin läheistä sukua olevista yksilöistä, jolloin niiden perinnöllinen monimuotoisuus on vähäistä.

TEHTÄVÄT

1. Uhanalaisuuteen liittyviä käsitteitä

Määrittele seuraavat käsitteet.

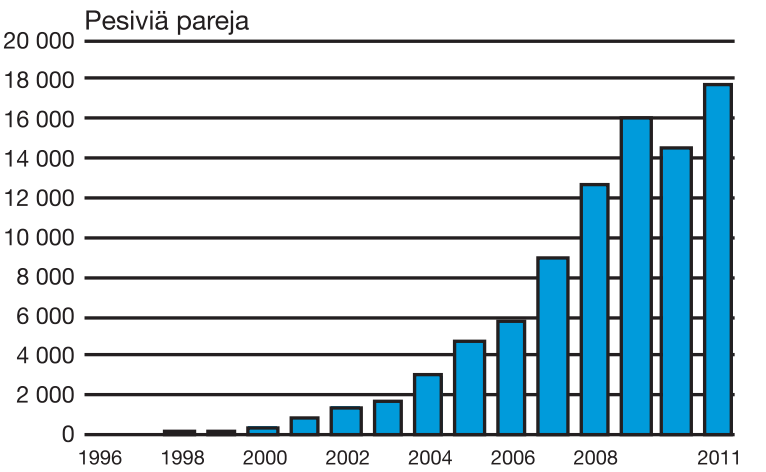
a. uhanalaisuus
b. tulokaslaji
c. vieraslaji
d. avainlaji
e. sukupuuttovelka
f. uhanalaisuusluokitus

2. Merimetson leviäminen

Merimetso kuuluu pelikaanilintuihin ja syö pelkästään kalaa. Se hävisi Itämeren lajistosta 1800-luvun lopulla, koska sitä vainottiin. Merimetso kuitenkin palasi Itämeren lajistoon, ja sen ensimmäinen pesintä havaittiin 1996. Merimetso on Suomessa rauhoitettu ympäri vuoden.

a. Kuvaile taulukon tietojen perusteella merimetsokantojen kehittymistä 1996–2011.
b. Miksi merimetsojen määrä on lisääntynyt näin voimakkaasti?
c. Mitä ongelmia merimetson yleistymisestä seuraa?

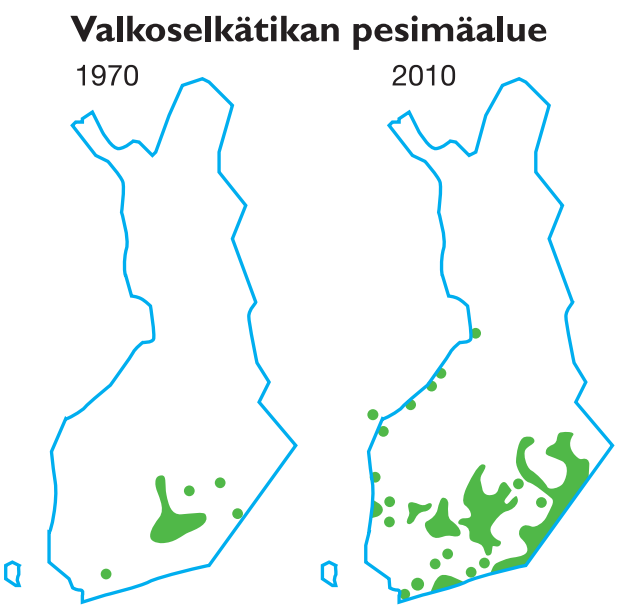
Merimetson pesimäkanta Suomessa 1996–2011



Lähde: Suomen ympäristökeskus

3. Valkoselkätikan kohtalo

Valkoselkätikka on elinympäristön suhteen vaatelias laji. Se suosii valoisia ja reheviä lehti- ja sekametsiä. Sen reviirillä tulee myös olla lahopuuta. Aiemmin valkoselkätikkoja esiintyi maatalouden synnyttämillä kaski- ja hakamailla. Tutki karttoja ja selitä, mitä valkoselkätikan levinneisyydelle on Suomessa tapahtunut ja miksi.



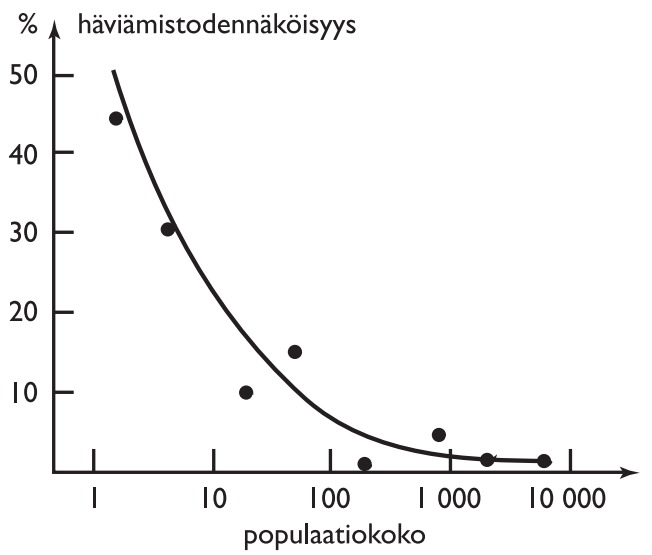
4. Tulokaslajit

yo s-02

Tahallisesti tai tahattomasti luontoomme tuotu tai saapunut tulokaslaji voi olla mielenkiintoinen erikoisuus, hyödyllinen eliöyhteisön jäsen tai varsinainen riesa. Tunnettuja tulokaslajeja ovat esimerkiksi lupiini, kyhmyjoutsen, minkki, kanadanmajava, supikoira ja täplärapu. Pohdi tulokaslajien vaikutuksia muihin lajeihin ja ympäristöön Suomessa.

5. Populaatiokoon yhteys populaation todennäköisyyteen hävitä

Tarkastele kaaviota ja selitä, miten populaatiokoko on yhteydessä populaation todennäköisyyteen hävitä.



6. Oikein vai väärin?

tt

Ota kantaa seuraaviin väitteisiin ja tarkastele niitä eri näkökulmista.

a. On oikein vapauttaa minkit turkistarhoilta luontoon.
b. Suomessa susia pitää metsästää enemmän, koska ne uhkaavat kotieläimiä ja ihmisiä.

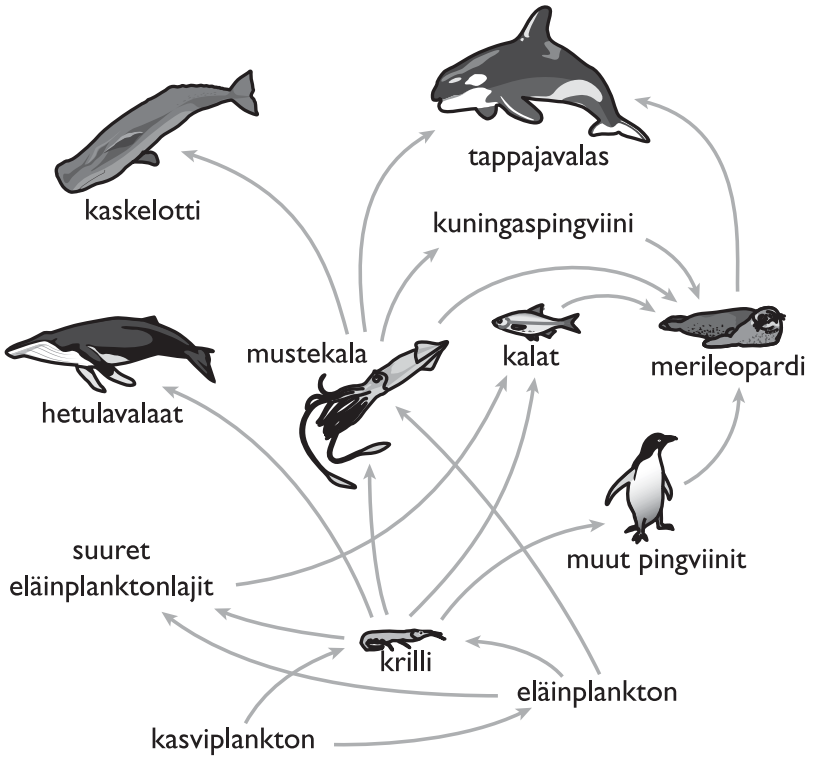
7. Guamin hämähäkit

Kissakäärmeitä (*Boiga irregularis*) tuli Tyynellämerellä sijaitsevalle Guamin saarelle 1940-luvulla todennäköisesti laivojen tai lentokoneiden lastien mukana. Saaren käärmepopulaation koko kasvoi nopeasti. Noin 50 vuoden kuluttua huomattiin, että kahta lukuun ottamatta kaikki saaren endeemiset lintulajit olivat kuolleet sukupuuttoon. Saman ajan kuluessa hämähäkkien määrä kasvoi jopa 40-kertaiseksi verrattuna niihin naapurisaariin, joihin kissakäärme ei ollut levittäytynyt. Lintujen vähennyttyä käärmeet ovat siirtyneet käyttämään ravintonaan liskoja.

a. Mitä ongelmia saarelle levittäytyneet käärmeet aiheuttivat ekosysteemille ja miksi?
b. Miksi linnut olivat helppo saalis käärmeille?
c. Miten käärmeen leviäminen muille saarille voitaisiin estää?

8. Antarktiksen ravintoverkko

Jos krillit pyydystettäisiin loppuun, mitä vaikutuksia sillä olisi ravintoverkon muihin lajeihin?



9. Uhanalaisten lajien ominaisuudet

yo k-09

Millaiset ominaisuudet voivat tehdä lajista uhanalaisen?

10. Tulokaslajien menestyminen

yo s-09

Tulokaslajien menestyminen perustuu sopeutumiseen uuden elinympäristön bioottisiin ja abioottisiin tekijöihin. Eläinplanktoniin kuuluva amerikankampamaneetti (*Mnemiopsis leidyi*) elää Atlantin rannikon jokisuistoalueilla. Vuonna 2006 amerikankampamaneeetin arveltiin saapuneen eteläiselle Itämerelle Kaspianmereltä ja Mustaltamereltä laivojen painolastivesien mukana. Atlantin jokisuistoalueitten, Kaspianmeren ja Mustanmeren suolapitoisuus on keskimäärin 1,5–3,0 %.

a. Selitä käsite plankton.
b. Jos amerikankampamaneetti saapuisi Itämereen, mitkä abioottiset tekijät voisivat rajoittaa sen nopeaa lisääntymistä?
c. Esitä perustellen kolme bioottista tekijää, jotka voisivat edistää amerikankampamaneetin menestymistä Itämeressä.

Yhteenveto

Nykyinen, ihmisen aiheuttama sukupuuttoaalto on paljon nopeampi kuin aiemmat, luonnolliset sukupuuttoaallot.

Sukupuuttovelka syntyy siitä, että eliöt reagoivat viiveellä elinympäristön muutoksiin.

Tietyt piirteet tekevät lajista helposti vaarantuvan: suuri koko, sijainti ravintoketjun huipulla, ihmisten vihamielinen asenne tai pelko lajia kohtaan, ihmiselle lajista koituva taloudellinen hyöty sekä lajin suppea esiintymisalue.

Suomen lajimonimuotoisuutta uhkaavat eniten metsänhoito ja maatalouden muutokset.

Tulokaslajit aiheuttavat usein häiriöitä alkuperäiselle lajistolle.

Kullakin ekosysteemillä on omia avainlajejaan, joista muut lajit ovat riippuvaisia. Avainlajit voivat vaikuttaa koko ekosysteemin hyvinvointiin.

Lajin sisäinen monimuotoisuus lisää lajin ja sen populaatioiden mahdollisuuksia selviytyä ympäristön muuttuessa.

Avainsanat

avainlaji
sukupuuttoaalto
sukupuuttovelka
tulokaslaji
uhanalaisuus
uhanalaisuusluokitus
vieraslaji

13.

Ympäristönsuojelun avulla biodiversiteetti voidaan saada säilymään

Laulujoutsen, Suomen kansallislintu, on yksi kauneimpia lintujamme. On vaikea uskoa, että se oli häviämässä sukupuuttoon viime vuosisadan alkupuolella. Laulujoutsenta metsästettiin, ja sen munia kerättiin ravinnoksi. Ihmisten asenteiden muuttumiseen vaikutti paljon Yrjö Kokon vuonna 1950 ilmestynyt kirja laulujoutsenesta.

Ekosysteemien suojelu on lajien suojelun edellytys

Luonnonsuojelu on osa ympäristönsuojelua. Luonnonsuojelun tarkoitus on varjella alkuperäistä luontoa ja sen monimuotoisuutta. Maapallon biodiversiteetin suojelussa pitää ottaa huomioon kaikki monimuotoisuuden tasot. Kun suojellaan ekosysteemejä, suojellaan samalla myös lajeja, ja kun suojellaan lajeja, suojellaan myös niiden perinnöllistä monimuotoisuutta.

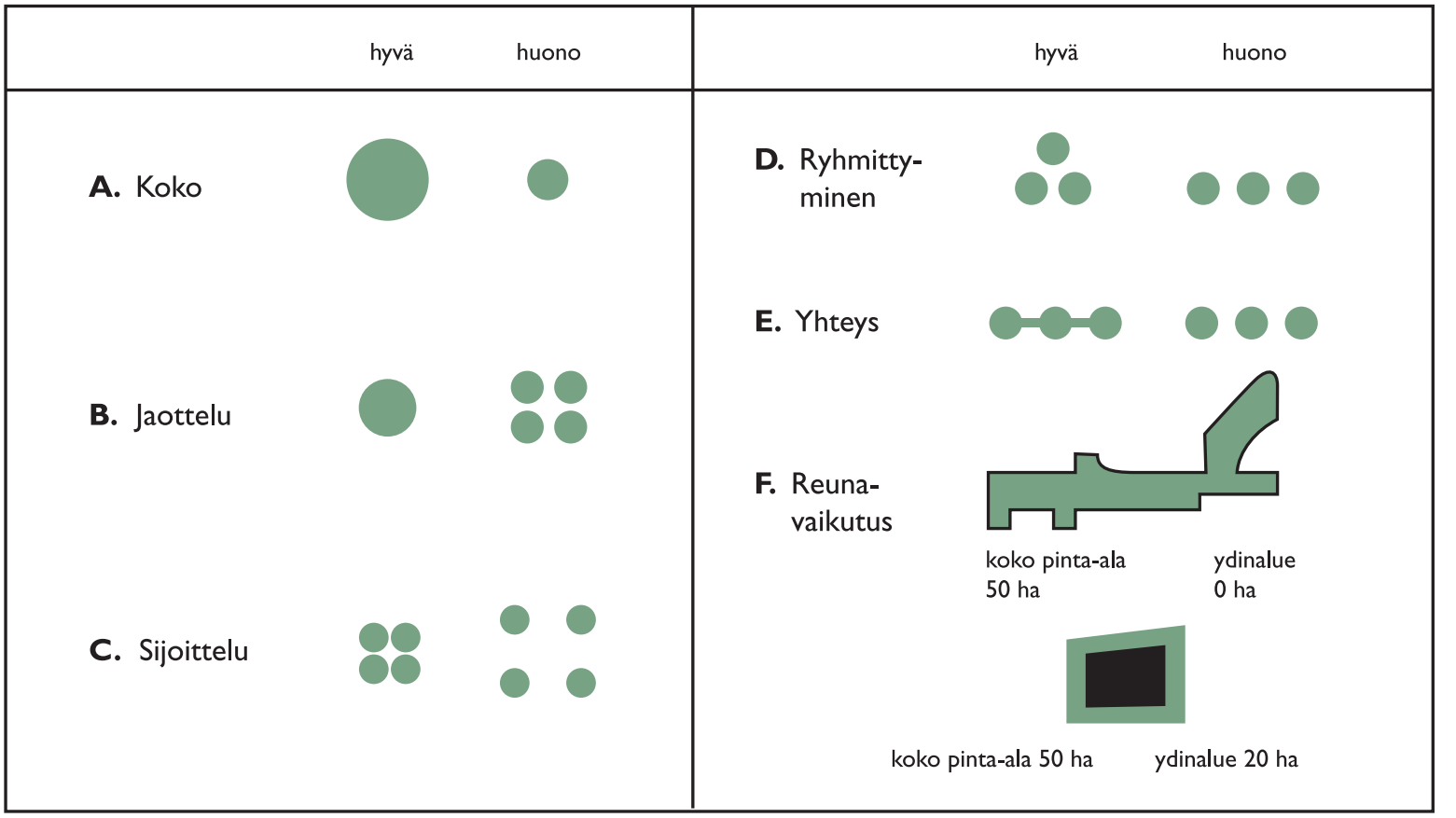
Ekosysteemien kehittymiseen on kulunut valtavasti aikaa, mutta ihminen pystyy tuhoamaan ne miltei silmänräpäyksessä. Tällä hetkellä alkuperäistä, koskematonta luontoa on jäljellä vain pieninä saarekkeina siellä täällä. Suurin osa ympäristöstämme on ihmisen tavalla tai toisella muokkaamaa luontoa.

Suojelualueilla turvataan lajien elinympäristöjen säilymistä

Luonnonsuojelualueiden perustaminen on ollut jo 1800-luvun lopulta asti tärkeä tekijä biodiversiteetin suojelemisessa. Maailman vanhin kansallispuisto on Yhdysvalloissa sijaitseva Yellowstonen kansallispuisto. Suomen ensimmäiset kansallispuistot perustettiin Pallas-Ounastunturille ja Pyhätunturille 1938.

Kun suunnitellaan luonnonsuojelualuetta, on tunnettava alueen eliölajisto ja sen elinvaatimukset. Myös mahdollinen ilmaston lämpeneminen on otettava huomioon uusia suojelualueita perustettaessa. Lajeille pitäisi jättää joko pitkiä pohjoisesta etelään ulottuvia tai kohti vuorenhuippua kohoavia käytäviä, joita pitkin ne voivat ”paeta” lämpenevää ilmastoa. Laajoja suojelualueiden verkostoja suunniteltaessa on huolehdittava, että eri alueita yhdistävät ekologiset käytävät ja lähes luonnonmukaiset elinympäristöt. Myös eläinlajien muuttoreitit on otettava huomioon suojelualueiden suunnittelussa.

Suojelualueiden koko, muoto ja sijainti toisiinsa nähden ovat tärkeitä seikkoja. Iso suojelualue on yleensä parempi kuin monta pientä, koska siellä voi elää enemmän lajeja ja lajien populaatiot ovat suurempia. Toisaalta useat pienet toisiaan lähellä sijaitsevat suojelualueet voivat edesauttaa lajin eri populaatioiden ja siten lajinsisäisen monimuotoisuuden säilymistä paremmin kuin yksi suuri suojelualue. Mikäli perustetaan monia pieniä suojelualueita, ne voidaan yhdistää toisiinsa niin sanottujen ekologisten käytävien tai pienten alueelta toiselle ulottuvien ekologisten askelkivien avulla siten, että eliöyksilöt voivat liikkua alueelta toiselle. Näin mahdollistetaan geenivirta lajin osapopulaatioiden välillä. Toimivien ekologisten käytävien perustaminen on kuitenkin yleensä lähes mahdotonta. Pitkänomaiset suojelualueet taas eivät toimi, koska tällöin reunavaikutus käy liian suureksi. Esimerkiksi suojelumetsässä suurempi osa metsästä on alttiina avoimen ympäristön aiheuttamalle tuulelle tai voimakkaammalle auringonvalolle, jos metsäalue on muodoltaan pitkä ja kapea.

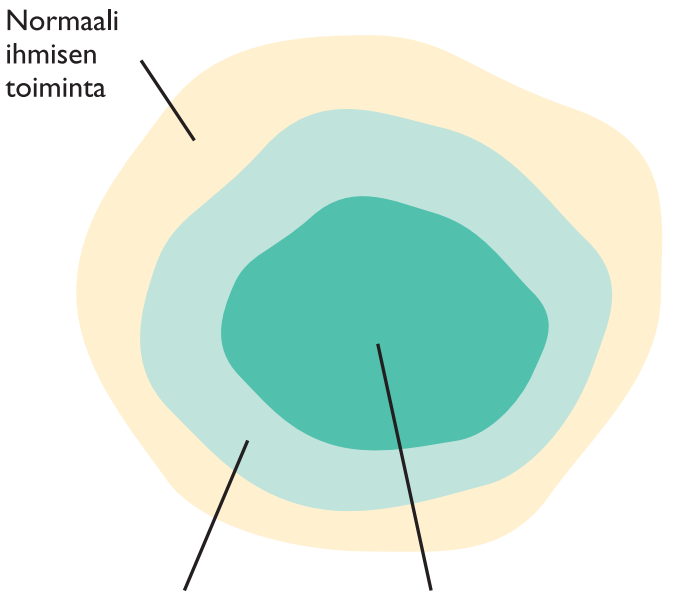


Suojelualueiden järkevällä suunnittelulla, jossa otetaan huomioon alueiden koko, muoto sekä sijoittelu toisiinsa nähden, voidaan tukea myös lajien sisäisen monimuotoisuuden säilymistä. Reunavaikutuksen merkitys tulee esille kohdassa F. Vaikka alueet ovat kokonaispinta-alaltaan samankokoisia, pitkänomaisen suojelualueen sisälle ei synny reunavaikutuksen ulottumattomissa olevaa ydinaluetta.

Uudet suojelualueet voidaan suunnitella siten, että ihmisen toiminta on osassa suojelualuetta mahdollista tietyin rajoituksin. Silloin luonnosta saatavien tuotteiden arvo usein ylittää suojelusta koituvat kustannukset. Myös ihmisten asenteet suojelua kohtaan ovat myönteisempiä, kun heidän toimeentulonsa turvataan myös suojelualueen perustamisen jälkeen. Esimerkiksi sademetsien suojelua voidaan perustella sillä, että paikalliset ihmiset saavat turismista sekä hedelmien ja muiden luonnontuotteiden keräämisestä itselleen elinkeinon. Sademetsän avohakkuu ei yleensä tuota paikallisille asukkaille taloudellista hyötyä.

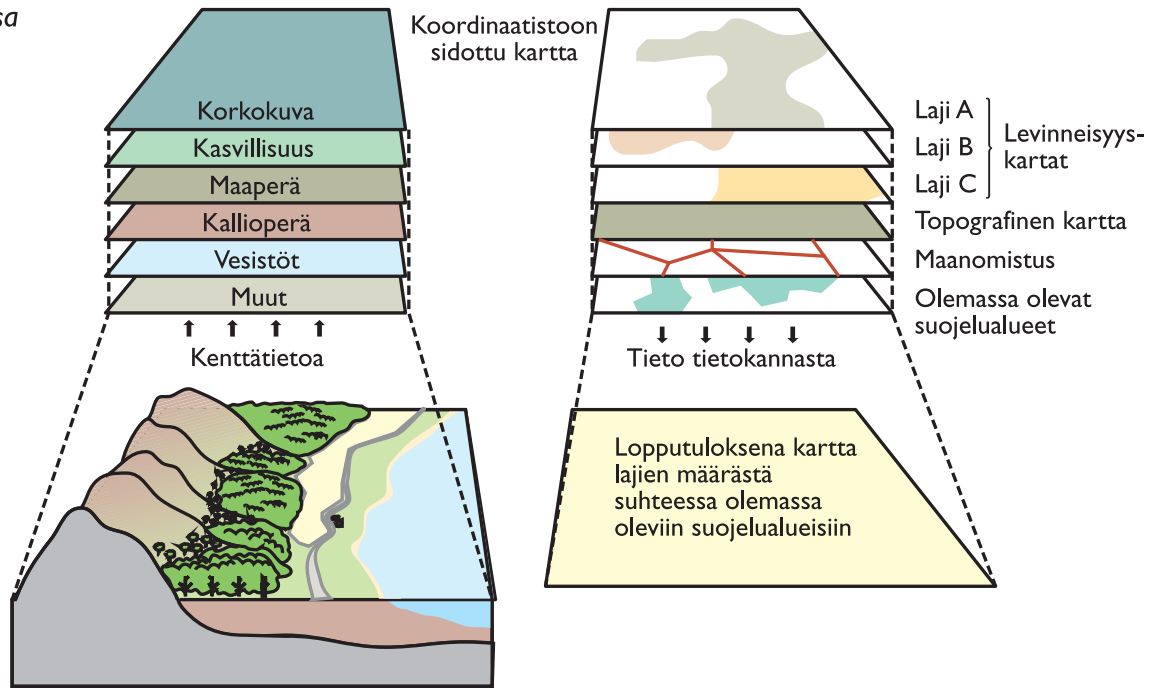
On arvioitu, että maailman ekosysteemeistä pitäisi suojella kymmenen prosenttia, jotta ekosysteemien säilyminen olisi turvattu. Tällä hetkellä koko maapallon maapinta-alasta on kuitenkin suojeltu vain noin 4 prosenttia. Maailmanlaajuisesti ekosysteemejä on suojeltu eniten pohjoisen pallonpuoliskon teollisuusmaissa. Monimuotoisuuskeskukset taas sijaitsevat suurimmaksi osaksi eteläisen pallonpuoliskon kehittyvissä maissa, joten uusia suojelualueita tulisi perustaa lisää näille alueille.

Suojelualueiden perustamisessa kansainväliset sopimukset ja kansainvälinen yhteistyö ovat erittäin tärkeitä. Biologisen monimuotoisuuden muutokset näkyvät yleensä hitaasti, ja köyhtymisestä aiheutuvat haitat ilmenevät vasta pitkän ajan kuluessa. YK:n biologista monimuotoisuutta koskeva yleissopimus on allekirjoitettu jo vuonna 1992. Japanissa vuonna 2010 lähes 200 valtiota pääsi sopimukseen suunnitelmasta, jonka tarkoituksena on pysäyttää luonnon monimuotoisuuden köyhtyminen vuoteen 2020 mennessä.



Luonnonsuojelualueen keskellä on ihmisen toiminnalta täysin rauhoitettu alue. Ytimen ympärillä on puskurivyöhyke, jossa toiminta on mahdollista tietyissä rajoissa.

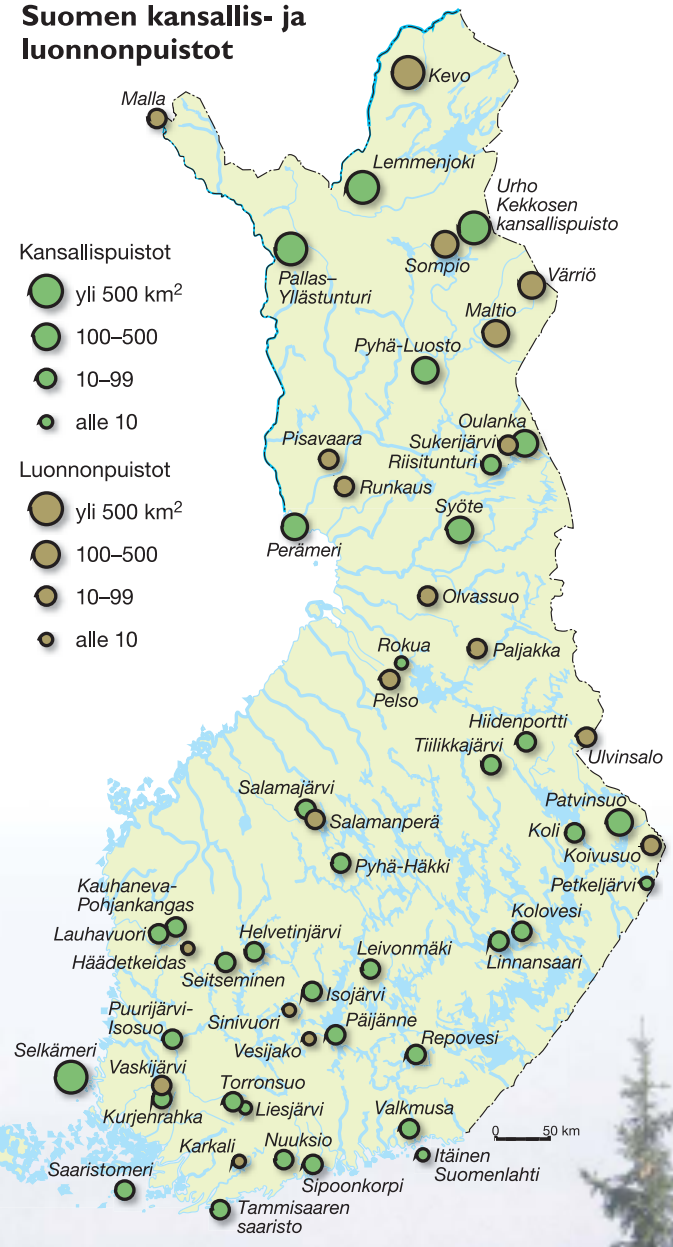
Uutta suojelualuetta perustettaessa hyödynnetään tietotekniikkaa ja paikkatietojärjestelmiä. Alueen geologiasta, hydrologiasta, maaperästä, pinnanmuodoista ja eri lajien määristä kerätään mahdollisimman paljon tietoa. Tiedot yhdistetään samaan kuvaan, ja näin saadaan selville, millainen suojelualueen tulee olla, jotta monimuotoisuus saadaan säilymään mahdollisimman hyvin. Tätä menetelmää kutsutaan aukkoanalyysiksi.



Suomen luonnonsuojelualueet säilyttävät monimuotoisuutta

Alkuperäisen luonnon tuhoutuminen on todettu monissa yhteyksissä Suomen suurimmaksi ympäristöuhaksi. Monimuotoisuuden säilymisen kannalta on välttämätöntä, että maassamme suojellaan riittävästi erilaisia elinympäristöjä. Suomen pinta-alasta on suojeltu 10 prosenttia, mutta määrä ei suinkaan edusta kattavasti eri elinympäristöjä, sillä suurin osa suojelualueista sijaitsee Pohjois-Suomessa. Eri puolilla maata sijaitsevien suojelualueiden avulla pyritäänkin säilyttämään kaikkia suomalaisia ekosysteemejä ja suojelemaan sitä kautta myös niihin kuuluvia eliölajeja. Suojelun tavoitteita voivat olla myös opetus, tutkimus ja seuranta, pohjavesialueiden säilyttäminen, riistan ja kalakannan hoito sekä luonnon virkistyskäyttö. Suojelualueen perustamiseen saattavat vaikuttaa myös maisemalliset tekijät ja kulttuuriarvot.

Suomen kansallis- ja luonnonpuistot



Kolin kansallispuiston alueella on vanhoja kaskitulien muovaamia perinnemaisemia ja jylhää erämaaluontoa. Lisäksi se on yksi Suomen tunnetuimmista kansallismaisemista. Kolin kansallispuiston hoitosuunnitelmassa on yhdistetty matkailun ja luonnonsuojelun tarpeet.

Luonnonsuojelualueiden perusverkoston muodostavat Metsähallituksen hallinnoimat kansallis- ja luonnonpuistot. Niiden ensisijaisena tarkoituksena on säilyttää alkuperäistä luontoa. Kansallispuistoja perustettaessa on ajateltu myös nähtävyyksien suojelua ja Suomen historiaa. Kansallispuistoissa on retkeilypolkuja ja muita palveluja, kuten luontokeskuksia ja luonto-opastusta. Luonnonpuistot palvelevat ensisijaisesti luonnonsuojelua ja tutkimusta sekä suojelun sallimissa rajoissa toisinaan myös opetusta. Niiden suojelumääräykset ovat kansallispuistoja tiukemmat, ja luonnonpuistot ovat pääosin yleisöltä suljettuja. Monissa niistä on kuitenkin yleisön käyttöön merkittyjä polkuja.

Kansallis- ja luonnonpuistojen lisäksi Suomessa on laaja soidensuojeluohjelma. Näiden lisäksi on suojeluohjelmia, joiden tarkoituksena on suojella lukuisia pinta-alaltaan pienempiä kohteita, joihin kuuluu muun muassa harjuja, lehtoja, lintuvesiä, rantoja, koskia ja vanhoja metsiä. Suomi kuuluu myös osana EU:n luonnonsuojelualueiden Natura 2000 -verkostoon. Sen avulla pyritään vaalimaan luonnon monimuotoisuutta EU:n alueella. Natura-ohjelman tavoitteena on luoda jokaiseen jäsenmaahan kattava suojeltavien alueiden verkosto. Varsinaisten suojelualueiden lisäksi Lappiin on perustettu tunturiluonnon suojelemiseksi ja porotalouden turvaamiseksi erämaa-alueita. Maassamme on myös yli tuhat yksityisen maanomistajan maalla sijaitsevaa luonnonsuojelualuetta ja runsaasti suojeltuja luonnonmuistomerkkejä, kuten kookkaita puita, siirtolohkareita ja hiidenkirnuja.

Suomessa suojellaan perinneympäristöjä

Ihminen vaikuttaa ekosysteemeihin yleensä yksinkertaistamalla niitä. Perinneympäristöt eli perinnebiotoopit poikkeavat ihmisen muokkaamista yksinkertaisista ekosysteemeistä. Perinneympäristöksi sanotaan sellaisia elinympäristöjä, jotka ovat syntyneet perinteistä maataloutta harjoitettaessa. Niiden lajisto on usein hyvin monimuotoinen ja poikkeaa selvästi muun ympäristön lajistosta. Suomen perinneympäristöihin kuuluvat muun muassa kuivat ja kosteat niityt sekä hakamaat. Ne ovat syntyneet kotieläinten – lehmien, hevosten ja lampaiden – laiduntaessa. Eläimet etsivät ruokansa luonnosta, ja ihmiset keräsivät eläinten talvirehua samoilta alueilta. Eläinten ja ihmisten toiminta esti alueiden metsittymisen, ja seuduille syntyi erilaisia kasvupaikkoja valon, ravin-

Perinneympäristöjen ja luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseksi joissakin Suomen kansallispuistoissa, kuten Kolilla ja Linnansaaressa, aloitettiin 1990-luvulla kaskeaminen uudelleen. Kaskeaminen synnyttää ahoja ja kaskikoivikoita, jotka tarjoavat elinympäristöjä monille nykyisin uhanalaisille lajeille.

teiden ja kosteuden mukaan. Näin kehittyi ekologisia lokeroita monille erilaisille kasvilajeille ja niitä hyödyntäville eläimille. Ojien pientareilla viihtyi esimerkiksi mesimarja ja valoisilla niityillä niittyleinikki, kuivemmilla ahoilla taas ahomansikka.

Perinneympäristöjä on Suomessa nykyisin vähän, koska maatalous on voimakkaasti tehostunut 1950-luvulta lähtien. Enää ei ole olemassa pieniä peltotilkkuja ja niiden välillä ojia, vaan pellot on salaojitettu ja yhdistetty toisiinsa koneiden liikkumisen helpottamiseksi. Eläintenkään ei nykyisin yleensä anneta laiduntaa metsissä ja niityillä vapaana, vaan niiden rehu kasvatetaan pelloilla. Tämän seurauksena monet perinneympäristöt muuttuvat metsäksi, koska perinneympäristöjen kasvilajit eivät pysty kilpailemaan metsälajiston kanssa. Suomen uhanalaisista lajeista jopa 25 prosenttia on erilaisten perinneympäristöjen lajeja, erityisesti hyönteisiä ja putkilokasveja.

Perinneympäristöt ovat maisemaltaan ja lajistoltaan monipuolisia.

Ketokatkero (Gentianella campestris) viihtyy kuivilla niityillä ja kedoilla.

Isokultasiipi (Lycaena dispar) on kosteiden rantaniittyjen laji, jonka levinneisyysalue painottuu Suomen kaakkoisosiin.

Punaisia ja keltaisia kukintoja kasvattava seljakämmekkä (Dactylorhiza sambucina) kasvaa vain kalkkipitoisilla niityillä ja lehdoissa etupäässä Ahvenanmaalla ja hyvin harvinaisena Lounais-Suomessa.

Lajien suojelukeinot riippuvat uhanalaistumisen syistä

Elinympäristöjen suojelun lisäksi tärkein ja eniten käytetty lajien suojelukeino on rauhoittaminen. Rauhoittaminen voi olla ympärivuotista, lisääntymisaikaan liittyvää tai joillakin muilla tavoin rajoitettua. Kasveilla käytetään niiden kasvupaikan rauhoittamista ja keräilyn kieltämistä. Rauhoittamiseen voi liittyä myös lisätoimenpiteitä. Lajien rauhoittamisesta säädetään luonnonsuojelulailla ja -asetuksella. Saimaannorppa on kokonaan rauhoitettu, ja lisäksi ihmisen toimintaa on rajoitettu sen esiintymisalueilla: verkkokalastus on kielletty, samoin kuin moottorikelkoilla ajaminen pesintäaikana. Erityisen tärkeää on sellaisten lajien suojeleminen, joiden suojelu turvaa myös muiden saman elinympäristön lajien säilymisen. Näitä lajeja kutsutaan sateenvarjolajeiksi. Suomessa esimerkiksi valkoselkätikka on tällainen sateenvarjolaji.

Salametsästystä, kasvien keruuta tai eläinten salakuljetusta voidaan yrittää estää taloudellisilla rangaistuksilla ja kansainvälisillä sopimuksilla, kuten CITES-sopimuksella. CITES-sopimuksen avulla säädellään yli 35 000 kasvi- ja eläinlajin kansainvälistä kauppaa. Sopimus kieltää esimerkiksi kaikkien ihmisapinoiden, suurten kissaeläinten ja merikilpikonnien tuonnin sekä viennin yli sadassa valtiossa. Matkakohteissa matkamuistoja ostaessaan kannattaa tarkistaa, ettei niitä ole valmistettu kielletyistä luonnonvaraisista eläimistä, kasveista tai niiden osista.

Afrikasta viedään laittomasti suuria määriä norsunluuta Aasiaan.

Sinivalas (Balaenoptera musculus) on erittäin uhanalainen. Se rauhoitettiin vuonna 1964. Ennen kaupallisen pyynnin alkua sinivalaiden määräksi arvioitiin 300 000–400 000 yksilöä. Nykyisin sinivalaita on enää enintään 10 000 yksilöä. Vuonna 1986 kiellettiin kaikki kaupallinen valaanpyynti, mutta siitä huolimatta Norja, Japani ja Islanti pyytävät edelleen valaita tieteellisiin syihin vedoten. Valaanpyynnin lisäksi sinivalaskantoihin vaikuttavat liikakalastus ja ilmastonmuutos.

Bangkokissa 177 valtion edustajat kokoontuivat neuvottelemaan kasvi- ja eläinlajien kansainvälisen kaupan ehdoista keväällä 2013. Kokouksessa käsiteltiin erityisesti haiden suojelua, salametsästystä sekä norsunluun ja krokotiilinnahoista valmistettujen tuotteiden kauppaa. Kokouksessa Thaimaa sitoutui lopettamaan norsunluun kaupan.

Lajin rauhoittaminenkaan ei aina tuota tulosta, jos kyse on jostakin nopeasti etenevästä ympäristönmuutoksesta. Uuden-Seelannin alkuliskoihin kuuluva tuatara, yksi maapallon elävistä fossiileista, häviää ilmeisesti ilmaston lämpenemisen vuoksi. Lajin yksilöt kehittyvät lisääntymiskykyisiksi vasta 20-vuotiaina, joten laji tuskin ehtii sopeutua lämpötilan nousuun.

Metsien luontaiseen kiertoon kuuluu, että metsäpalot tekevät niihin aukkoja. Jotkin hyönteislajit elävät ainoastaan tuoreilla metsäpaloalueilla. Koska Suomessa metsäpalot pyritään sammuttamaan heti myös luonnonsuojelualueilla, nämä lajit ovat muuttuneet hyvin uhanalaisiksi. Joissakin suojelluissa metsissä Suomessa onkin jo kokeiltu kulotusta yhtenä lajien suojelukeinona. Alueen alkuperäislajien suojelua on myös se, että estetään vieraslajien leviäminen alueelle.

Lajeja voidaan lisäksi suojella eläintarhoissa. Eläintarhoissa kasvatettujen yksilöiden vapauttaminen takaisin luontoon ei kuitenkaan yleensä onnistu, koska yksilöt ovat sopeutuneet täysin toisenlaisiin oloihin. Eläintarhoissa lajit pystyvät vain harvoin toteuttamaan lajityypillistä käyttäytymistään, kuten saalistusta tai laumakäyttäytymistä. Onnistuneitakin esimerkkejä luontoon palauttamisesta on, kuten Puolan Bialowiazan visentit ja Balin kottaraiset.

Eräille rauhoitetuille eläinlajeille määritellyt rahalliset arvot Suomessa

Arvoja laskettaessa on otettu huomioon useita eri asioita, kuten lisääntyvän kannan suuruus ja lajin suojelutarve. Sakkorangaistukset ja muut pakotteet ovat yksi tapa toteuttaa lajien suojelua.

Eliölaji	Rahallinen arvo (euro)
saimaannorppa	9 755
naali	7 400
siili	101
harjusinisiipi (perhonen)	1682
sisilisko	16

Suomessa maakotka (Aquila chrysaetos) rauhoitettiin vuonna 1969, kun lintuja oli enää jäljellä 20–50 paria. Maakotka on kärsinyt metsänhoidosta, koska se vaatii suuren männyn pesäpuukseen. Aiemmin suoranainen petoviha on ollut maakotkan kohtalona joissakin osissa Pohjois-Suomea. Rauhoituksen ja erilaisten suojelutoimien, kuten pesien tarkkailun ja tekopesien rakentamisen, avulla maakotkien määrä on saatu kasvamaan, ja pesivä kanta on nyt 310–390 paria. Maakotka luokitellaan vaarantuneeksi lajiksi.

Kasvien suojelu kasvitieteellisissä puutarhoissa on paljon helpompaa, mutta eivät puutarhatkaan voi pelastaa kaikkia maailman kasvilajeja. Kasvien siemeniä ja eläinten sukusoluja tai alkioita voidaan säilyttää erityisissä siemen- ja geenipankeissa.

Valkolehdokki (Plantanthera bifolia) kuuluu kämmekkäkasveihin. Valkolehdokin kauniit kukat ja niiden voimakas tuoksu ovat aiemmin houkutelleet ihmisiä keräämään sitä tai jopa siirtämään sitä omiin puutarhoihinsa. Valkolehdokki onkin rauhoitettu, ja vielä erikseen on kielletty sen kerääminen myyntiä varten. Näiden toimenpiteiden ansiosta valkolehdokki on nykyisin suhteellisen yleinen koko maassa Lappia lukuunottamatta.

Lajinsisäisen monimuotoisuuden suojelu

Lajinsisäistä monimuotoisuutta voidaan suojella huolehtimalla siitä, että populaation koko ei pääse pienenemään liikaa. Samoin lajin sisällä tulisi säilyttää erilaisia populaatioita, koska ne ovat sopeutuneet hieman erilaisiin olosuhteisiin. Esimerkiksi liito-orava, jonka päälevinneisyysalue on idässä, esiintyy EU-maissa ainoastaan Suomessa ja Virossa. Suomen liito-oravapopulaatioiden säilyttäminen onkin tärkeää, sillä lajin levinneisyysalueen reunalla olevat läntiset populaatiot ylläpitävät koko lajin perinnöllistä muuntelua.

Eläinten tarhaamisen vaikeutena on niin sanottu perustajavaikutus: kaikki yksilöt ovat muutaman perustajayksilön jälkeläisiä, eikä niiden geenivalikoima edusta koko lajin geenivalikoimaa. Eläintarhojen eläimistä pidetään nykyään tarkkoja kantakirjoja, joiden tietoja hyödynnetään, kun tarhat vaihtavat eläinyksilöitä keskenään. Vaihtojen tarkoituksena on usein se, että jonkin lajin perinnöllistä monimuotoisuutta saadaan lisättyä risteyttämällä tietty yksilö geneettisesti mahdollisimman kaukana olevan, toisesta tarhasta saadun yksilön kanssa.

Korkeasaaressa on 20 Euroopan eläintarhojen suojeluohjelmaan kuuluvaa lajia, kuten naali ja kuvan tunturipöllö. Tunturipöllö (Nyctaea scandiaca) on arktinen laji, joka elää Jäämeren tuntumassa ja tekee pitkiä itä–länsisuuntaisia vaelluksia pikkujyrsijöiden perässä. Euroopan eläintarhaliitto koordinoi yhteensä yli 250 lajin suojelemiseen tähtäävää ohjelmaa.

Metsien perinnöllistä monimuotoisuutta suojellaan Suomessa myös geenireservimetsillä, joita meille on perustettu kolmisenkymmentä. Geenireservimetsien avulla voidaan saada arvokasta tietoa muun muassa siitä, kuinka havupuut sopeutuvat nopeaan ilmaston lämpenemiseen.

On ilmeistä, että jokin kasvi, eläin, mikrobi tai niiden jonkin ominaisuuden aiheuttava geeni osoittautuu ihmisen kannalta arvokkaaksi joskus tulevaisuudessa. Maatalous todennäköisesti hyötyy eniten jäljellä olevista luonnonvaraisista lajeista. Esimerkiksi maapallon laajimmin viljelty vehnälajike on geenipe-

Eri maatiaiskasvilajikkeiden siemeniä.

rimältään lähes samanlaista eri maissa. Tuholaisvaurioiden ja ilmastonmuutoksen seurausten minimoimiseksi on tärkeää, että jäljellä on myös muita vehnälajikkeita, joista voidaan saada geenejä jalostustyöhön.

Esimerkkejä mahdollisista tulevaisuuden ravintoeläimistä, ravintokasveista ja jalostuksessa käytettävistä luonnonvaraisista lajeista

Vesisika (*Hydrochoeris hydrochoeris*)	Maailman suurin jyrsijä, elää Etelä-Amerikassa, helppo kasvattaa tarhattuna.
Iguaani (*Iguana iguana*)	Trooppisen Amerikan lisko, nopeakasvuinen, helppo kasvattaa tarhattuna.
Kääpiömetsäkarju (*Sus salvanus*)	Koillisintialainen nisäkäs, mahdollinen uusien geenien lähde kotisian jalostuksessa.
Goanpapu (*Psophocarpus tetragonolobus*)	Uudessa-Guineassa kasvava papulaji, kaikki osat ovat syötäviä, hyvin nopeakasvuinen.
Ullucu (*Ullucus tuberosus*)	Andien ylängöillä kasvava perunamainen, kylmänkestävä mukulakasvi.
Buffalokurpitsa (*Cucurbit afoetidissima*)	Meksikon ja Yhdysvaltojen lounaisosissa, juurimukula syötävä, sopeutunut kuivuuteen.

Kaikki ihmisen hyödyntämät eläimet ja kasvit on jalostettu niiden villeistä, luonnonvaraisista muodoista. Maatiaisrodut ja -kasvilajikkeet ovat lähempänä luonnonvaraisia sukulaisiaan. Ne tulevat toimeen yksipuolisemmalla rehulla tai niukemmilla ravinteilla ja ovat paremmin sopeutuneita paikallisiin oloihin kuin pitkälle jalostetut rodut ja lajikkeet, vaikkakaan ne eivät ole yhtä tuottoisia. Eräät maanviljelijät ja tutkimuslaitokset ovat sitoutuneet huolehtimaan tällaisten luonnonvaraisten kantojen ylläpidosta. Kuvassa Itä-Suomen maatiaiskarjaa eli kyyttöjä.

TEHTÄVÄT

1. Ympäristönsuojelun käsitteitä

Määrittele seuraavat käsitteet.

a. luonnonsuojelu
b. kansallispuisto
c. luonnonpuisto
d. perinneympäristö
e. rauhoitus
f. puskurivyöhyke

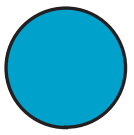
2. Lajien uhanalaisuus

a. Mitä seurauksia on lajin kuolemisella sukupuuttoon?
b. Luettele keinoja, joilla uhanalaisten lajien häviämistä voidaan hidastaa tai estää.

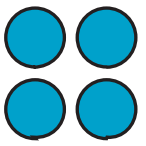
3. Luonnonsuojelualueen perustaminen

Kuntaan aiotaan perustaa uusi luonnonsuojelualue. Tarkoituksena on suojella kunnan alueella esiintyvän uhanalaisen lajin elinympäristö. Perustettavan suojelualueen pinta-ala on 30 ha. Vertaa alla olevia vaihtoehtoja toisiinsa. Mikä vaihtoehdoista on paras lajin suojelun näkökulmasta. Perustele vastauksesi.

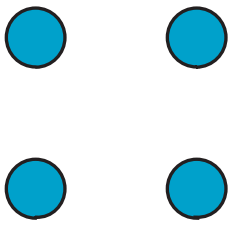
a.



b.



c.



4. Uhanalaisten lajien suojelu

yo s-11

Isopanda, tiikeri ja monet valaslajit ovat maailmanlaajuisesti tunnettuja uhanalaisia eläimiä. Miten niitä suojellaan, ja miksi niiden suojelu on vaikeaa?

5. Luonnonsuojelualueeseen perehtyminen

tt

Perehdy johonkin lähialueellasi sijaitsevaan luonnonsuojelualueeseen. Alue voi olla kansallispuisto, luonnonpuisto, harju tai lintujärvi. Selvitä siitä seuraavia asioita:

a. Mikä on suojelualueen koko?
b. Mikä on suojelualueen sijainti?
c. Miksi alue on suojeltu?
d. Toteutuvatko suojelualueella seuraavat periaatteet: oikea muoto, riittävä koko, ekologiset käytävät, ihmisen toiminnan rajoittaminen?

6. Uhanalainen laji

tt

Perehdy jonkin uhanalaisen, Suomessa tai muualla elävän eläimen tai kasvin elinympäristövaatimuksiin, levinneisyyteen ennen ja nyt, uhanalaisuuden syihin ja suojelutoimiin sekä siihen, miten lajin suojelussa on onnistuttu.

7. Eläintarhat

tt

Perehdy jonkin eläintarhan, kuten Korkeasaaren, toimintaan ja tee siitä raportti. Pohdi,

a. mikä merkitys eläintarhoilla on luonnonsuojelutyössä.
b. onko ihmisellä oikeutta pitää villieläimiä tarhattuina.

8. Suojelualueiden analysointi

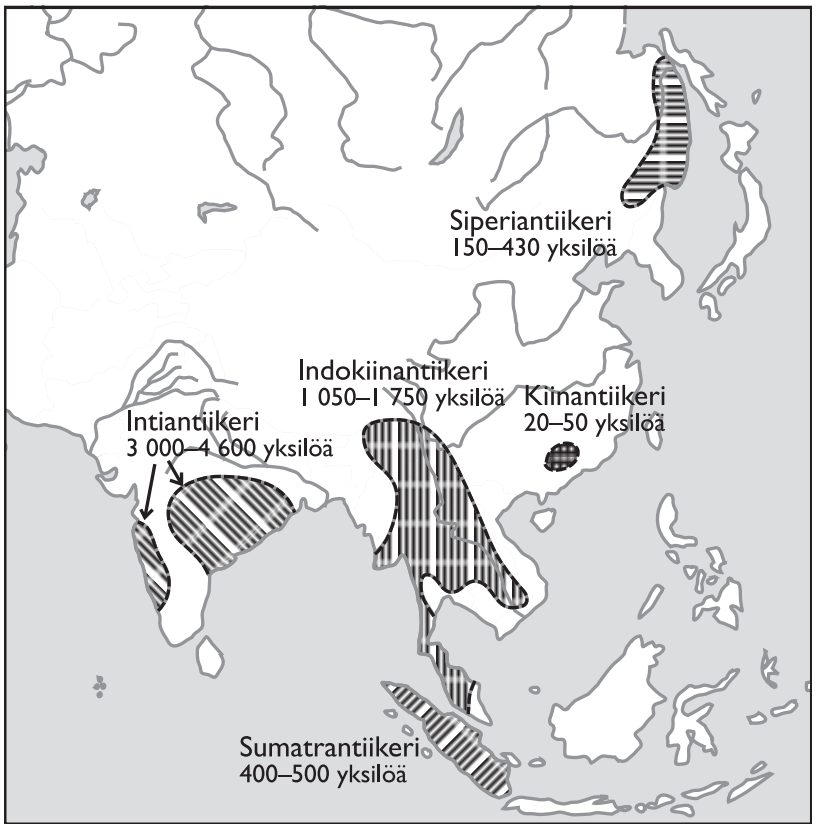
Tutki sivun 171 piirroskuvaa erilaisista suojelualueista. Pohdi ja perustele, miten hyvä ja huono suojelualueen suunnitteluvaihtoehto eroavat toisistaan:

a. koon
b. jaottelun
c. sijoittelun
d. ryhmittymisen
e. yhteyden
f. reunavaikutuksen perusteella.
g. Piirrä edellisten kohtien perusteella kooltaan ja muodoltaan ihanteellisin suojelualue.

9. Tiikerien uhanalaisuus

a. Mikä tai mitkä tiikerin alalajit ovat uhanalaisimpia ja miksi?

b. Miten uhanalaisimpia alalajeja voitaisiin estää kuolemasta sukupuuttoon?



Yhteenveto

Maapallon biodiversiteetin suojelussa pitää ottaa huomioon kaikki biodiversiteetin tasot.

Jokaisesta ekosysteemistä tulisi suojella 10 prosenttia, jotta turvattaisiin niiden säilyminen.

Suojelualueen suunnittelussa tulee ottaa huomioon alueen koko, muoto ja sijainti suhteessa muihin suojelualueisiin.

Lajien tärkeimpiä suojelukeinoja ovat niiden luontaisten elinympäristöjen suojelu ja rauhoitus.

Lajien suojelussa on tärkeä selvittää uhanalaistumiseen johtaneet syyt.

Perinnöllistä monimuotoisuutta voidaan suojella turvaamalla populaatioiden riittävä koko ja ylläpitämällä geenipankkeja.

Ihminen hyötyy biodiversiteetistä esimerkiksi kasvin- ja eläinjalostuksessa.

Avainsanat

kansallispuisto
luonnonpuisto
luonnonsuojelu
perinneympäristö eli perinnebiotooppi
rauhoitus
sateenvarjolaji
suojelualueiden suunnittelu

14.

Jokainen meistä vaikuttaa valinnoillaan maapallon tilaan

Suomalaiset kuluttavat ainakin 50 kertaa enemmän luonnonvaroja kuin suurin osa maapallon asukkaista. Luonnonvarojen runsas käyttö Suomessa johtuu asukaslukuun nähden suuresta teollisuustuotannosta, kylmästä ilmastosta, pitkistä etäisyyksistä ja korkeaan elintasoon liittyvästä kulutustasosta. Nykyinen kulutusta suosiva elämäntapamme rasittaa lähiympäristön lisäksi koko biosfääriä. Miten voisimme elää laadukasta elämää käyttämällä vähemmän luonnonvaroja?

Kestävän kehityksen päämäärä on säilyttää maapallo elinkelpoisena myös tuleville sukupolville

Kestävä kehitys määritellään pyrkimykseksi taata tuleville sukupolville vähintään yhtäläiset elämisen mahdollisuudet ja hyvinvointi kuin meilläkin. Tarkastelukulma voi olla maailmanlaajuinen, alueellinen tai paikallinen. Lähtökohtana on siis ihminen ja hänen mahdollisuutensa elää maapallolla. Koska ihmisillä on monenlaisia tarpeita, kestävään kehitykseen kuuluu eri ulottuvuuksia: ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen ulottuvuus.

Ekologiseen kestävyyteen sisältyy maapallon ekosysteemien toimivuuden turvaaminen, biologisen monimuotoisuuden säilyttäminen ja uusiutuvien luonnonvarojen kestävä käyttö. Ilman toimivan biosfäärin ekosysteemipalveluja ihminen ei pidemmällä aikavälillä voi tyydyttää kaikkia perustarpeitaan. Ekosysteemejä uhkaavat niihin joutuvat vieraat aineet tai haitalliset muutokset aineiden kierrossa. Erityisen suureksi uhkaksi on muodostunut biologisen monimuotoisuuden

häviäminen, mikä johtuu geeniperimän yksipuolistumisesta, lajien kuolemisesta sukupuuttoon ja kokonaisten ekosysteemien häviämisestä. Monimuotoisuuden säilyttäminen onkin yksi ihmiskunnan avainhaasteista.

Taloudelliseen kestävyyteen kuuluu luonnonvarojen riittävyyden varmistaminen. Kaikki maailman taloudet ovat riippuvaisia luonnonvaroista. Uusiutumattomia luonnonvaroja ei voi riittää tuleville sukupolville, ellei niiden käyttöä rajoiteta ja kierrätystä tehosteta kaikkialla maapallolla.

Sosiaalisella kestävyydellä tarkoitetaan kaikkien ihmisten ja kansojen tasavertaisia mahdollisuuksia tyydyttää perustarpeensa. Vaikka useimmissa maailman valtioissa luonnonvaroja onkin riittävästi, kaikki eivät pääse niistä osallisiksi.

Ihmiskunta koostuu kieliltään, uskonnoiltaan ja tavoiltaan erilaisista kulttuureista. Jotta kestävä kehitys voisi toteutua, kulttuurien erilaisuus ja erilaiset tarpeet tulee hyväksyä. Tällöin puhutaan kulttuurisesta kestävyydestä.

Kestävässä kehityksessä on kysymys ihmiskunnan suhteesta ekologiseen ympäristöönsä. Biosfäärin tulevaisuus riippuu siitä, millä tavalla kestävän kehityksen tavoite toteutuu maapallolla.

Ekologinen jalanjälki kertoo kulutuksen määrästä

Ekologinen ja taloudellinen kestävyys ovat riippuvaisia kulutuksen määrästä. Käytämme päivittäin monenlaisia tuotteita ja palveluja, joiden tuottamiseen on tarvittu runsaasti erilaisia luonnonvaroja, materiaaleja ja energiaa. Kulutuksen ympäristövaikutuksia voidaan mitata ekologisella jalanjäljellä. Se mittaa, kuinka suuri ekologisesti tuottava maa- ja vesialue tarvitaan yhden maapallon asukkaan asumiseen, liikkumiseen sekä kaikkien hänen käyttämiensä kulutushyödykkeiden ja palvelujen tuottamiseen. Suurin yksittäinen ekologisen jalanjäljen osatekijä on fossiilisten polttoaineiden käytöstä syntyvä hiilijalanjälki.

Ekologinen jalanjälki voidaan laskea yksittäiselle kansalaiselle, kaupungille tai valtiolle. Se voidaan laskea hieman eri tavoin, ja siksi eri tutkimuksissa saadaan samalle kulutusyksikölle erikokoisia jälkiä. Siitä huolimatta ekologinen jalanjälki on osoittautunut hyödylliseksi tunnusluvuksi, kun havainnollistetaan ihmisten toiminnan vaikutuksia elolliseen luontoon ja samalla maapallon luonnonvarojen rajallisuutta.

Ekologinen jalanjälki

Viljelysmaat: ravinnon, rehun, biopolttoaineiden sekä rahakasvien tuottaminen

Laidunalueet: liha- ja maitokarjan kasvatus, villan ja nahkan tuotanto

Metsät: puutavaran, sellun, paperin ja polttopuiden tuotanto

Kalastusalueet: kala- ja äyriäissaaliit

Rakennetut alueet: kaupungit, tiet, rautatiet, tuotantolaitokset, patoaltaat ym.

Hiilidioksidipäästöt: metsäala, joka tarvitaan sitomaan fossiilisten polttoaineiden poltosta aiheutuvat päästöt

Hiilidioksidipäästöihin vaikuttavat:

Ruoka: eläin- ja kasviperäinen ravinto, lähi- ja tuontiruoka, luomu

Liikkuminen: yksityisautoilu, julkinen liikenne, polkupyöräily

Asuminen: lämmitysenergian valinta, lämmöneristys, lämmön talteenotto

Kulutus: hyödykkeiden ja palvelujen käytöstä sekä jätteiden hävityksestä syntyvät suorat ja epäsuorat hiilipäästöt

Jos kaikki maailman asukkaat kuluttaisivat yhtä paljon kuin rikkaissa maissa kulutetaan, ihmisten tarpeiden tyydyttämiseen tarvittaisiin neljä maapalloa.

USA 7,2 ha

Suomi 6,2 ha
Ruotsi 5,9 ha
Norja 5,5 ha
Viro 5,0 ha

Brasilia 2,5 ha
Nigeria 1,3 ha

Mosambik 0,8 ha

Keskivertosuomalaisen ekologinen jalanjälki on WWF:n raportin (Living Planet Report v. 2012) mukaan yli 6,2 hehtaaria, kun kaikkien maapallon asukkaiden vastaava keskiarvo on noin 2,7 hehtaaria. Maapallon ekologinen kapasiteetti eli biologisesti tuottava pinta-ala asukasta kohti taas on noin kaksi hehtaaria. Tämä tarkoittaa sitä, että maapallon asukkaiden kulutustaso ylittää kolmanneksella biosfäärin ekologisen kapasiteetin. Jotta voisimme elää koroilla eli uusiutuvien luonnonvarojen tuotolla, emmekä nakertaisi pääomaa eli maapallon tuottokykyä, käytössämme pitäisi olla lähes 1,5 maapalloa. Kuitenkin maailman köyhimmissä maissa miltei kaikkien asukkaiden ekologinen jalanjälki on reilusti alle yhden hehtaarin. Kehittyviin maihin kuuluvilla Kuuballa ja Egyptillä ekologinen jalanjälki on noin 1,9 hehtaaria ja vastaa maapallon ekologista kapasiteettia.

Niin sanottu Happy Planet Index muodostuu kolmesta tekijästä: tyytyväisyydestä elämään, elinajanodotteesta sekä ekologisesta jalanjäljestä. Sen mukaan kuubalaiset ovat keskimäärin hyvin onnellisia. Mitä muuta ihminen oikeastaan tarvitsee kuin ruokaa, vaatteita, katon päänsä päälle ja hyviä ystäviä ympärilleen?

Ekotehokkuus – vähemmästä enemmän

Lähes jokaisen tuotteen valmistaminen kuluttaa luontoa huomattavasti enemmän kuin valmiista tuotteesta voisi päätellä. Kun halutaan selvittää, kuinka paljon kuhunkin tuotteeseen on kulunut ”näkymättömiä” luonnonvaroja koko sen elinkaaren aikana, voidaan mittarina käyttää ekologista selkäreppua. Se saadaan selville, kun kaikkien tuotteen valmistamiseen, kuljettamiseen, käyttöön ja käytöstä poistamiseen tarvittavien luonnonvarojen painot lasketaan yhteen ja vähennetään summasta tuotteen oma paino. Esimerkiksi tavallisiin, puuvillasta valmistettuihin farkkuihin tarvitaan jopa tuhansia kiloja luonnonvaroja, vaikka itse housut painavat alle kilon. Jokainen suomalainen kuluttaa viikossa noin 1 500 kilogramman painoisen selkärepun verran, mikä vastaa noin 300:aa kauppakassillista luonnonvaroja.

Elinkaariarviossa selvitetään tuotteen koko tuotanto- ja käyttöhistorian aikaiset ympäristövaikutukset. Esimerkiksi alumiinitölkkien valmistus kierrätysraaka-aineesta säästää energiaa noin 95 prosenttia verrattuna siihen, että alumiini tehtäisiin bauksiitista.

Tuotteen valmistukseen käytettyä materiaalia on kuitenkin järkevää verrata siihen hyötyyn, joka valmiin tuotteen kautta saavutetaan. Siksi tuotteeseen ja sen valmistukseen kulunutta materiaalia tulee verrata tuotteen käyttökertojen määrään. Tuotteen ja sen käytön ekotehokkuutta kuvaava tunnusluku MIPS (Material Input Per Service unit) saadaan jakamalla tuotteeseen ja sen valmistukseen kuluva materiaalipanos käyttökertojen määrällä. Tuote tai palvelu on sitä ekotehokkaampi, mitä pienempi siihen tarvittavan materiaalin määrä on ja mitä useammin tuotetta voidaan käyttää. Vähemmistä raaka-aineista pyritään siis tuottamaan enemmän hyötyä ja hyvinvointia kuluttajille – tinkimättä kuitenkaan tuotteiden tai palveluiden laadusta.

Ekotehokkuusajattelun taustalla on pyrkimys löytää ratkaisuja maapalloa uhkaaviin globaaleihin ja paikallisiin ympäristöongelmiin. Kestävän kehityksen mukainen tuotanto edellyttää ekotehokkuuden huomattavaa lisäämistä, jos kulutustaso halutaan samalla säilyttää nykyisen kaltaisena. Teollisuusmaissa realistisena tavoitteena voidaan pitää niin sanottua factor-4-tavoitetta eli ekotehokkuuden nelinkertaistamista vuoteen 2025 mennessä. Tämä tarkoittaa, että nykyistä kulutustasoa pyritään ylläpitämään vain yhdellä neljäsosalla nykyisestä raaka-aineen ja energian kulutuksesta. Maapallon ekologisen kantokyvyn kannalta oikeampi olisi kuitenkin factor-10-tavoite, johon pääseminen edellyttäisi tuottajien, kuluttajien sekä päättäjien halukkuutta rahoittaa ja tehostaa tarvittavan uuden tekniikan kehittämistä.

Luonnonmukaisella tuotannolla eli luomulla tarkoitetaan elintarvikkeiden tuottamista ilman keinolannoitteita ja torjunta-aineita. Tuotannon taloudellinen tehokkuus ei ole tavallisen maataloustuotannon tasoa. Kotimaisen, kymmenkiloisen luomukinkun ekologinen selkäreppu painaa 124 kg. Se on siis kolmanneksen kevyempi kuin tavanomaisen kinkun, jonka ekologinen reppu painaa 188 kg. Tavanomaisen kinkun reppua rasittavat teollisesti valmistetut keinolannoitteet ja tuontirehut. Luomutuotannon ekotehokkuutta taas heikentää se, että luomurehuviljojen satotaso on 30 prosenttia tavanomaista matalampi. Luomusikalassa sikaa kohden tarvitaan myös enemmän tilaa eläinten hyvinvoinnin edistämiseksi. Lisäksi tuotantoeläinten kohtelu on luomutuotannossa parempaa kuin tavanomaisessa.

Tuotteiden ekotehokkuutta voidaan lisätä helposti monin keinoin. Tuotteiden käyttöikä pitenee esimerkiksi korjaamalla rikkoutuneet tuotteet, kierrättämällä käytöstä poistetut tavarat ja käyttämällä hylättyjä tuotteita uusioraaka-aineena. Tietenkin myös tuotteen koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten sekä materiaalin ja energian kulutuksen vähentäminen lisäävät ekotehokkuutta.

Esimerkiksi paperikilon valmistukseen kuluu luonnonvaroja keskimäärin 10 kg. Puolen kilogramman painoisen sanomalehden tai kirjan MIPS on siten 5 kg. Jos yhden ihmisen sijaan kirjan lukee 60 ihmistä – niin kuin Suomen kirjastoissa keskimäärin – kirjan MIPS putoaa 5 kilogrammasta 83 grammaan.

Tavoitteeksi kestävä elämäntapa

Kulutusmahdollisuudet ja hyvinvointi eivät jakaudu maailmassa tasaisesti. Noin viidennes maailman väestöstä kuluttaa leijonanosan eli neljä viidennestä kaikista maailman luonnonvaroista. Monet uskovat saavuttavansa hyvän elämän tai ainakin parantavansa elämänsä laatua runsaan kulutuksen ja sen tuoman aineellisen hyvinvoinnin kautta.

Tulevaisuuden suurimpia kysymyksiä onkin, miten kulutuksesta voidaan tehdä ekologisesti kestävää. Ekologisesti kestävä kulutus edellyttää siirtymistä määrästä laatuun, kertakäyttöisestä kestävään, tavaroista palveluihin ja neitseellisten raaka-aineiden käytöstä kierrätykseen.

Tärkeimpiä valintojamme ohjaavia tekijöitä on tiedotusvälineiden ja mainosten antama tieto, joka samalla muokkaa mielikuviamme ja asenteitamme ja luo uusia kulutustarpeita. Myös poliitikot korostavat kulutuksen kasvuun perustuvan taloudellisen kasvun merkitystä hyvinvoinnillemme.

Usein on vaikea tietää, mitä todellisia ympäristövaikutuksia kuluttamillamme tuotteilla niiden elinkaaren aikana on. Siksi on otettu käyttöön virallisia ympäristömerkkijärjestelmiä, joiden perusteella voidaan luotettavasti tehdä ympäristöystävällisiä ostopäätöksiä. Ympäristömerkki myönnetään tuotteelle, joka on todistettavasti kaikissa elinkaarensa vaiheissa ympäristöystävällisempi kuin muut vastaavat tuotteet.

Ympäristömerkkien tarkoituksena on auttaa kuluttajaa valitsemaan ympäristöystävällisiä tuotteita. Virallisen ympäristömerkin myöntää jokin puolueeton taho, joka määrittää kyseiselle tuoteryhmälle tarkat ympäristökriteerit ja valvoo tuotteita jatkuvasti. Tavallisen kuluttajan toiminta voisi noudattaa niin sanottua kolmen K:n sääntöä: Kuluta harkiten – Käytä uudelleen – Kierrätä.

Ympäristössä ilmenevät haitat ja epäkohdat eivät ole ilmaantuneet itsestään, vaan ne ovat seurausta lukemattomista yksittäisten ihmisten tekemistä ympäristölle haitallisista valinnoista. Hyvän ympäristön puolesta ei ole mieltä toimia ja ponnistella, ellei usko saman olevan mahdollista myös toisin päin: yksittäisten ihmisten ympäristöystävälliset valinnat ja teot voivat vaikuttaa ympäristön tilan paranemiseen.

Jotta jätteet voitaisiin kierrättää tehokkaasti, on kuluttajan osattava lajitella jätteitään oikein. Kierrätykseen kelpaamaton jäte on niin sanottua sekajätettä, jota voidaan käyttää energiaraaka-aineena. Kiinteistöjen omistajilla ja kunnilla on päävastuu järjestää jätehuolto, jossa erilaisia materiaaleja varten löytyy keräysastioita ja niiden tyhjennys on järjestetty. Hyvin toteutettu lajittelu mahdollistaa vaikkapa romumetallien ja lasin hyötykäytön ja vähentää tehokkaasti ympäristöön kohdistuvia haittoja.

Oulun ja sen naapurikuntien jätteet käsitellään Ruskon jätekeskuksessa. Sen pinta-ala on noin 40 hehtaaria. Tilaa on varattu hyötyjätteiden keruulle, vaarallisten tai öljyisten jätteiden vastaanotolle, kompostoinnille sekä nestemäisten jätteiden käsittelylle. Alueella lajitellaan jätteitä materiaali- tai energiahyötykäyttöön sekä loppusijoitukseen.

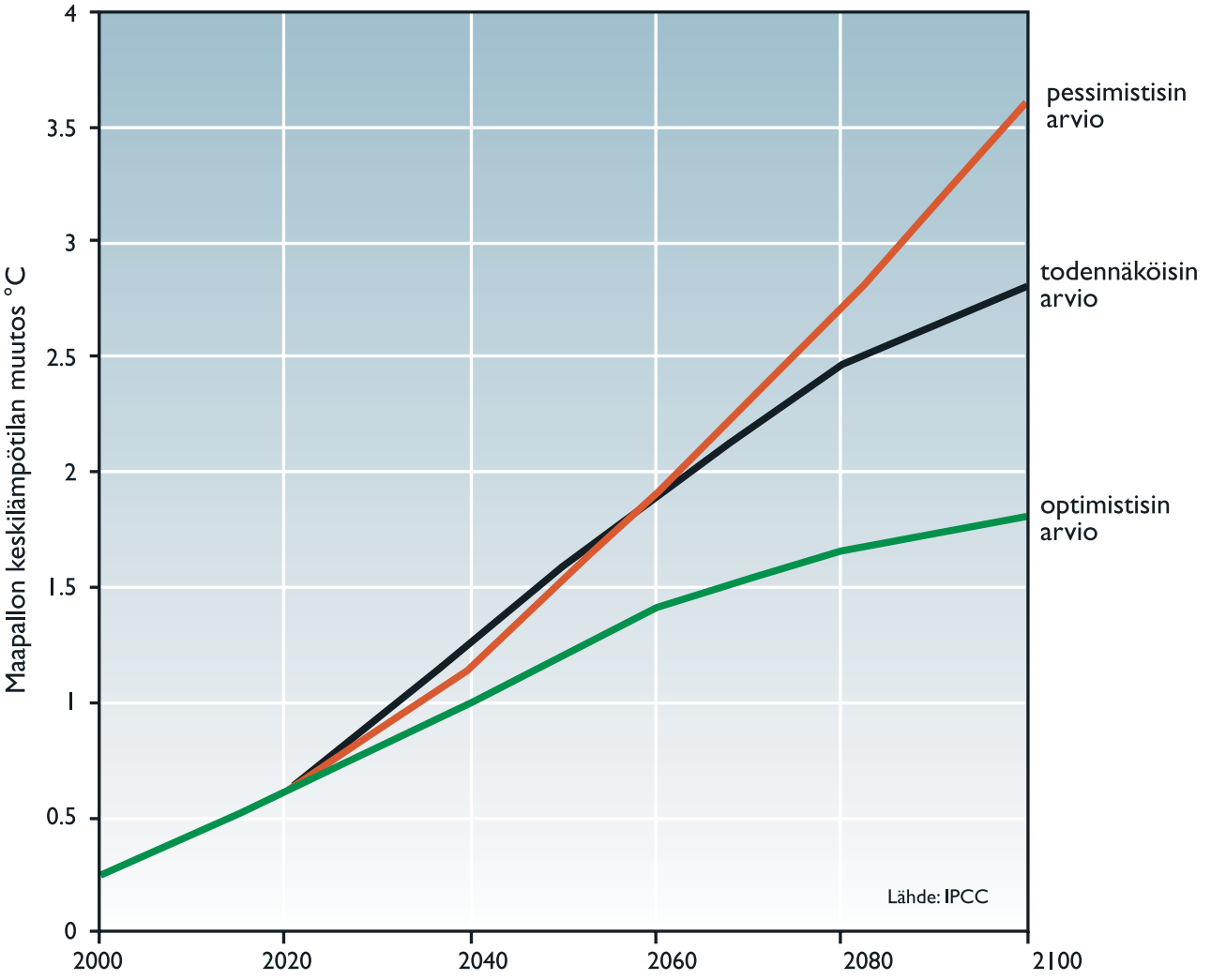
1. Ongelma- ja erityisjätteiden kaatopaikka
2. Kompostointilaitos
3. Öljyisten maiden kompostointikenttä
4. Nestemäisten jätteiden käsittelylaitos
5. Biojätteen kompostointikenttä
6. Öljyasema
7. Oivapiste
8. Vaa´at ja asiakastila
9. Vaarallisten jätteiden lajittelurakennus
10. Energiajätehalli
11. Lajitteluareena lajittelemattomille seka- ja rakennusjätekuormille
12. Biokaasupumppaamo
13. Kaatopaikka
14. Suotovesialtaat
15. Puutarhajätteen vastaanottoalue ja puhtaan puun alue
16. Hallinto
17. Biokaasupumppaamo

Mitä yksi ihminen voi sitten tehdä ympäristön suojelemiseksi? On tärkeää tuntea, mitä seurauksia omasta elämäntavasta on ympäristölle. Yhtä tärkeää on tietää käyttämiensä tuotteiden elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia ja pohtia, miten pienentäisi omaa ekologista jalanjälkeään ja käyttäisi ekotehokkaita tuotteita.

Kestävä elämäntapa merkitsee materiaalien kulutuksen vähentämistä. Tarvikkeet ja hyödykkeet kannattaa valita harkiten ja jättää kaikki turhakkeet ja haitakkeet hankkimatta. Tuotteita on syytä käyttää uudelleen aina kun se on mahdollista. Kaikki käytöstä poistetut tavarat ja materiaalit pitää kierrättää. Näin kasvatetaan tuotteiden ekotehokkuutta, kevennetään niiden ekologista selkäreppua ja pienennetään omaa ekologista jalanjälkeä. On valittava tuotteita, joista ei synny jätettä, vaan ainoastaan kierrätettävää materiaalia eli uusioraaka-ainetta. Ellei sellaisia löydy kaupan hyllyltä, on niitä uskallettava vaatia.

Tuotteiden selkäreppu ja ympäristövaikutukset eivät rajoitu niiden valmistukseen ja käyttöön. Käytöstä poistetut tuotteet eivät lakkaa olemasta, vaan päätyvät aina johonkin – liian usein kaatopaikoille. Kestävän kehityksen mukaisesti jätteeksi muuttunut tuote on voitava hyödyntää uusioraaka-aineena tai energiana. Näin toimittaessa entisenlaisia kaatopaikkoja ei tarvittaisikaan. Kaatopaikkojen sijaan puhutaan nykyisin jätekeskuksista. Vuonna 2012 Suomessa voimaan tulleen jätelain johtava periaate on, että jätteiden määrää ja haitallisuutta vähennetään lisäämällä materiaalitehokkuutta ja materiaalin hyödynnettävyyttä. Vastuu erilaisten jätteiden lajittelusta, keräyksestä, kuljetuksesta ja vastaanottamisesta jakautuu niin kansalaisille kuin kunnille ja tuotteiden valmistajillekin.

Maapallon ennustettu keskilämpötilan nousu eri arvioiden mukaan



Kuvassa on ennuste maapallon keskilämpötilan noususta eri arvioiden mukaan. Lämpötilan nollakohtana on vuosien 1980–1999 keskiarvo.

Elämäntapamme vaikuttaa siis koko maapallon tilaan. Maailmanlaajuisen kestävän kehityksen toteutuminen edellyttää oikeanlaisia toimia ja valintoja sekä yksilötasolla että kansainvälisesti.

Kulutustapojemme vaikutuksista ilmastonmuutokseen on esitetty erilaisia arvioita. Pessimistisin arvio toteutuu, jos nykyisen kaltainen kulutukseen perustuva yhteiskuntamalli saa jatkua. Siinä teollisuusmaiden ja kehittyvien maiden erot pysyvät suurina. Kehittyvissä maissa ei tapahdu teknologista kehitystä ja väestönkasvu jatkuu entisellään.

Optimistisin arvio voi toteutua, jos kestävän kehityksen mukainen yhteiskunta toteutuu. Teollisuusmaiden ja kehittyvien maiden väliset erot tasoittuvat. Tavaroiden sijaan kulutetaan palveluita, kierrätetään materiaaleja, kehitetään ympäristöystävällistä tekniikkaa ja ratkotaan ongelmia kestävällä tavalla.

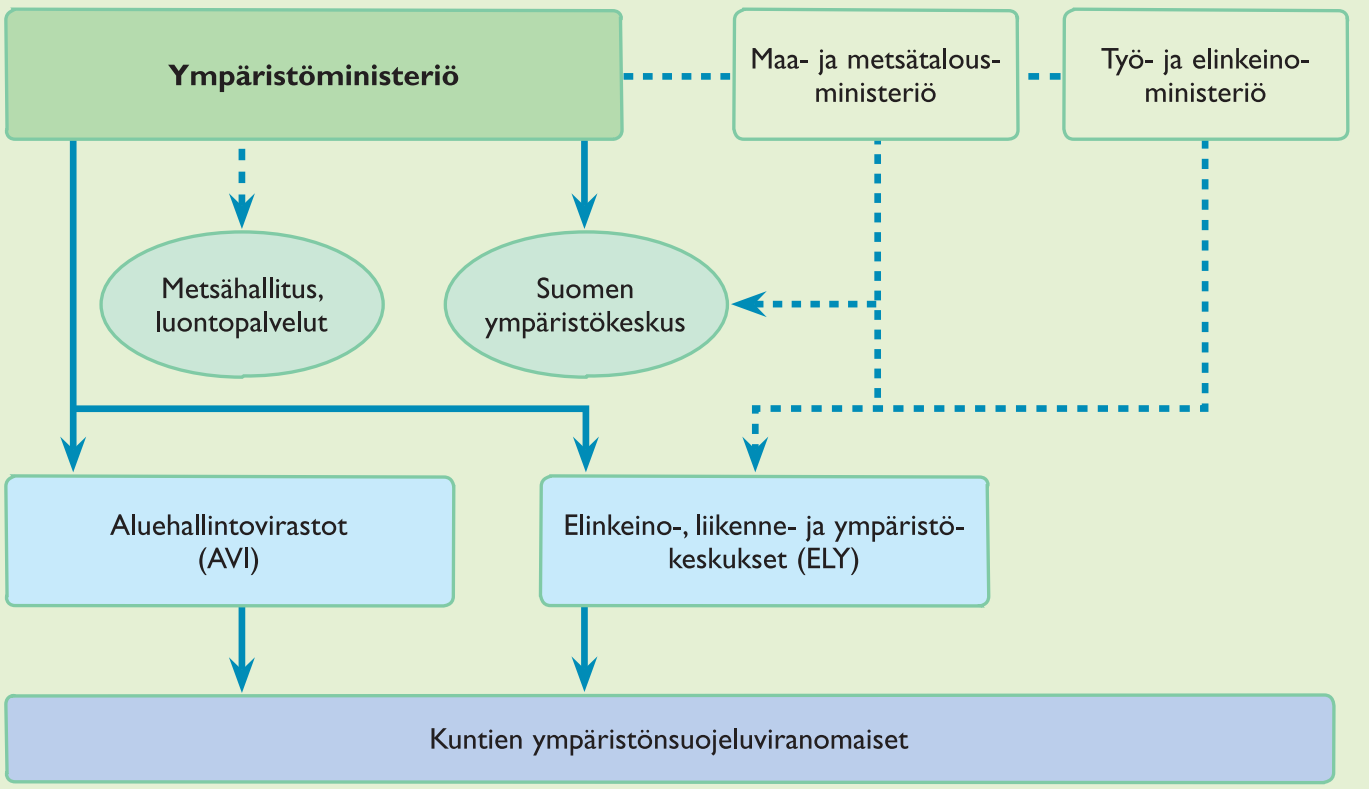
KESTÄVÄÄ KEHITYSTÄ VARTEN TARVITAAN SÄÄNTÖJÄ JA SUUNNITTELUA

Ympäristöasioiden yhteistä hoitamista sanotaan ympäristöpolitiikaksi. Sitä varten tarvitaan lakeja ja asetuksia ja niiden täytäntöönpanoa varten ympäristöhallintoa.

Tärkeimmät ympäristöä ja sen suojelua koskevat määräykset löytyvät ympäristönsuojelulaista, laista ympäristövaikutusten arvioinnista, luonnonsuojelulaista, jätelaista, maankäyttö- ja rakennuslaista sekä metsälaista.

Ympäristöhallinnon korkein viranomainen on ympäristöministeriö. Sen toimialaan kuuluvat ympäristön- ja luonnonsuojelun ohella myös alueiden käyttö sekä asuminen ja rakentaminen. Ministeriön alaisuudessa toimii Suomen ympäristökeskus, joka tuottaa päätöksenteon pohjaksi tietoa ympäristön tilasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Metsähallituksen luontopalvelut hoitaa maamme kansallis- ja luonnonpuistoja sekä erämaa- ja virkistysalueita.

Aluetasolla aluehallintovirastot sekä elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY-keskukset) käsittelevät ympäristöä koskevia lupa-asioita ja huolehtivat ympäristön tilan seurannasta ja suojelusta. Paikallisella tasolla ympäristöasioita käsittelevät kuntien ympäristönsuojeluviranomaiset.



TEHTÄVÄT

1. Kestävän kehityksen käsitteitä

Täydennä taulukkoon puuttuvat tiedot.

Käsite	Mitä ilmaisee?	Miten määritellään?
	maapallon tai jonkin alueen ekologista tuotantokykyä	biologisesti tuottavan alueen laajuus / alueen asukas
ekologinen jalanjälki		
ekologinen selkäreppu		
		(tuotteen paino + sen ekologinen selkäreppu) / käyttökertojen määrä
ympäristö-merkki		
		esim. energian kulutuksen vähentäminen 75 % tai 90 %

2. Kuluttajan ekologinen jalanjälki

Pohdi ja perustele, miten seuraavat valinnat voivat vaikuttaa kuluttajan ekologisen jalanjäljen suuruuteen.

a. asuminen omakotitalossa – kerrostalossa
b. asuminen kaupungissa – maaseudulla
c. lähiruoka – tuontiruoka – luomuruoka
d. kasvisruoka – liharuoka
e. muovikassi – paperikassi – kangaskassi
f. kestovaippa – kertakäyttövaippa

3. Matkustamisen hiilidioksidipäästöt

Jos halutaan estää ilmaston lämpeneminen, jokainen maapallon asukas voi arvioiden mukaan tuottaa korkeintaan 1 700 kg hiilidioksidipäästöjä vuodessa. Arvioi oheisen taulukon perusteella, kuinka paljon tuotat hiilidioksidipäästöjä vuoden aikana matkustaessasi. Ota huomioon sekä päivittäinen liikkumisesi että mahdolliset lomamatkasi.

Kulku-neuvo	hiilidioksidipäästöt/ henkilökilometri
sähköjuna	28 g
dieseljuna	71 g
bussi	30 g
laiva	87 g
lentokone	135 g
henkilöauto	200 g
polkupyörä	0 g
kävely	0 g

Lähde: VTT:n LIPASTO

4. Tarpeellista vai turhaa

a. Valitse laukustasi kaikkein välttämättömin tuote. Perustele valintasi.
b. Valitse sitten kaikkein turhin tuote. Perustele valintasi.
c. Voitte koota kaikki luokan turhakkeet yhteen ja äänestää turhakkeista turhimman.

5. Ekologisesti kestävä kehitys

yo s-07

Mitä tarkoitetaan ekologisesti kestävällä kehityksellä? Valaise kestävän kehityksen periaatteiden toteuttamista biologisin esimerkein teollisuuden, metsä- ja maatalouden sekä jätehuollon piiristä.

6. Hyvä vai paha luomu?

yo s-11

Mitkä ovat luonnonmukaisen (luomu) kasvintuotannon edut ja ongelmat?

7. Tuotteen elinkaari

tt

a. Mitkä ovat tuotteen elinkaaren vaiheet? Pohdi, mitä erilaisia ympäristövaikutuksia mihinkin vaiheeseen liittyy.
b. Selvitä jonkin käyttämäsi kotimaisen tavaran elinkaari. Apuna voit käyttää tuotantolaitosten sekä kauppojen ja kuluttajaviranomaisten tiedotus- ja neuvontapalveluita.

8. MI-lukuja

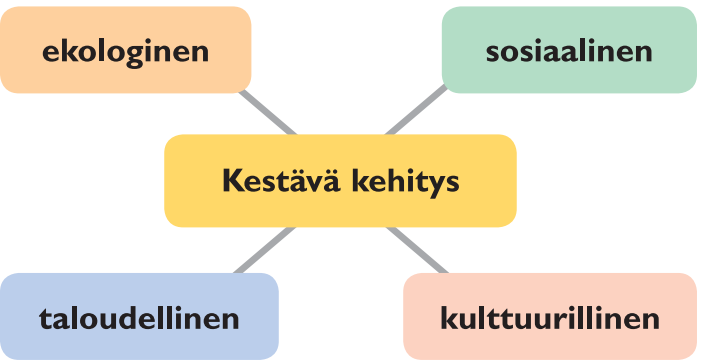
Laske jonkin oman vaatteesi materiaalipanos (material input) viiden vuoden käyttöajalle. Pohdi ja selitä, mistä luvut muodostuvat.

Vaatteiden ja jalkineiden MI-lukuja, jotka on laskettu arvioitua käyttövuotta kohden

Tuote (paino, kg)	käyttö-ikä	abioottinen (kg/vuosi)	bioottinen (kg/vuosi)	vesi (kg/vuosi)	ilma (kg/vuosi)	eroosio (kg/vuosi)
ulkoiluhousut (0,3 kg)	5	0,8	0,0	25	0,4	0,0
muut housut (0,4 kg)	5	1,1	0,2	544	0,5	0,4
t-paita (0,17 kg)	3	0,7	0,4	493	4,2	-
urheilukengät (0,5 kg)	3	1,9	0,0	142	1,2	0,0
miesten kauluspaita (0,2 kg)	5	0,6	0,1	181	0,3	0,1
neulepaita (polyesteri/puuvilla, 0,2 kg)	5	1,2	–	–	–	–
neulepaita (polyesteri/viskoosi, 0,2 kg)	5	0,7	–	–	–	–
villapaita (0,4 kg)	5	6,2	19,0	125	1,1	12,6
nahkatakki (0,7 kg)	5	2,1	1,6	85	0,8	0,0
ulkoilutakki (0,5 kg)	5	1,4	0,0	48	0,8	0,0
villakangastakki (1,2 kg)	5	16,1	48,5	362	7,9	32,1
talviulkoilutakki (0,9 kg)	5	2,1	0,0	141	1,3	0,0

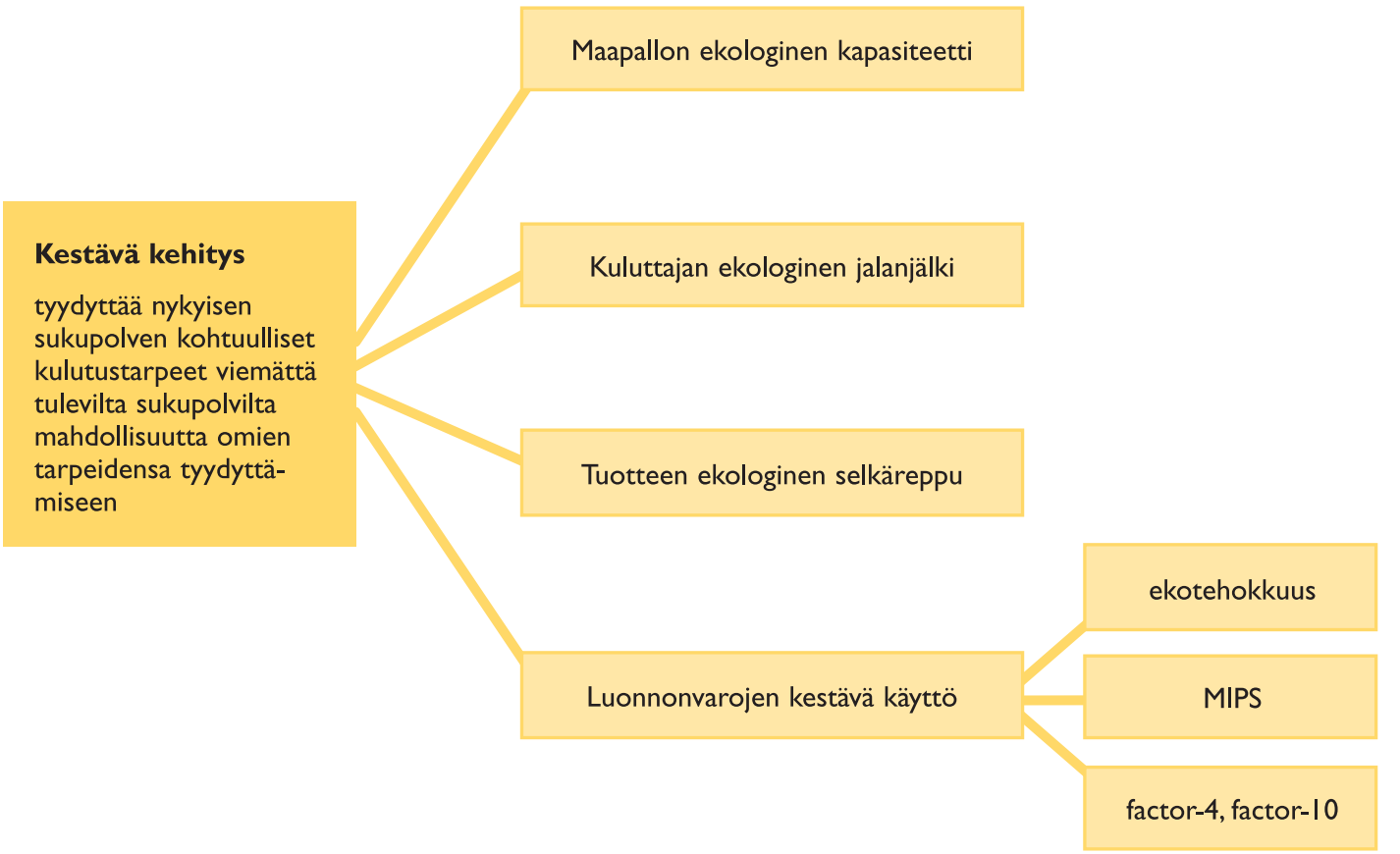
Lähde: Suomen luonnonsuojeluliitto

Yhteenveto



Avainsanat

ekologinen jalanjälki
ekologinen kestävyys
ekologinen selkäreppu
ekotehokkuus
factor-4
hiilijalanjälki
kestävä kehitys
kierrätys
lajittelu
MIPS
tuotteen elinkaari
ympäristömerkit



Käsitteet

A

abioottinen, *abiotic,* 9
Elottomaan luontoon kuuluva, esimerkiksi maa, vesi, ilma, valo jne.

abioottinen typensidonta, *abiotic nitrogen fixation*, 59
Salamoinnin vaikutuksesta ilmassa syntyy typpikaasusta ja hapesta typen oksideja, joista edelleen muodostuu maaperässä nitraatti-ioneja kasvien käyttöön.

a-klorofylli, *a-chlorophyll*, 82
Kuvastaa lehtivihreällisten planktonlevien runsautta vedessä. On suoraan verrannollinen vesistön rehevöitymisasteeseen.

askelkivi, *step stone,* 171
Saarekemainen alue, jonka tarkoituksena on helpottaa yksilöiden siirtymistä osapopulaatiosta toiseen.

avainbiotooppi, *key biotope,* 37
Poikkeuksellisen arvokas elinympäristö, jossa elää vaateliaita eliölajeja, esim. lehto.

avainlaji, *key species, keystone species,* 12, 166
Ekosysteemin toimintaan voimakkaasti vaikuttava laji, jonka häviäminen vaikuttaisi haitallisesti koko ekosysteemiin.

avustettu leviäminen, *assisted migration, relocation of species*, 75
Lajien siirtäminen alueille, minne ne luontaisesti siirtyisivät, mutta eivät itse voi ajan puutteen ja elinympäristön pirstoutumisen takia.

B

biodiversiteetti, *biodiversity,* 138
Elollisen luonnon monimuotoisuus, joka tarkoittaa erilaisten ekosysteemien monimuotoisuutta, eliöyhteisöjen monimuotoisuutta eli lajirunsautta sekä lajin sisäistä perinnöllistä muuntelua.

bioindikaattorilaji, *bioindicator,* 9
Ilmentäjälaji, sietoisuudeltaan kapea-alainen laji, jonka esiintymisen tai runsauden perusteella voidaan tehdä päätelmiä ympäristön tilasta.

biologinen hapenkulutus, BHK, *biological oxygen demand,* 89
Ilmaisee happimäärään, jonka mikrobit kuluttavat hajottaessaan orgaanista ainetta (mg happea/litra vettä). Mitä enemmän jätevedessä on orgaanista ainesta, sitä enemmän sen hajottamiseen kuluu happea.

biologinen typensidonta, *biological nitrogen fixation*, 58
Bakteerien suorittamaa typensidontaa. Esimerkiksi syanobakteerit pystyvät sitomaan typpikaasua suoraan ilmasta.

biomassa, *biomass*, 27
Alueen, populaation tai eliön elävän aineksen määrä tietyllä hetkellä. Voidaan ilmaista tuorepainona, kuivapainona tai energiasisältönä.

biomi, *biome,* 141
Suurekosysteemi. Paikallisista ekosysteemeistä koostuva laajempi kokonaisuus, joka vastaa lähinnä maapallon kasvillisuusvyöhykkeitä, kuten tundraa, aroa, aavikkoa, sademetsää, pohjoista havumetsää jne.

bioottinen, *biotic,* 9
Elolliseen luontoon kuuluva, esimerkiksi kasvi, eläin, yksisoluinen eliö jne.

biosfääri, *biosphere,* 14
Elokehä, ekosfääri. 1. Se osa maapalloa, jossa esiintyy elämää. 2. Maapallon kaikkien ekosysteemien muodostama toimiva kokonaisuus.

biotooppi, *biotope,* 24
Eliöiden tyypillinen elinympäristö, kuten kasveilla kasvupaikka ja linnuilla pesimäympäristö.

C

CFC-yhdiste, *chlorofluorocarbon,* 130
Kloorifluorihiilivetyyhdisteitä, joita käytetään mm. kylmälaitteissa, vaahtomuoveissa ja suihkepulloissa ponnekaasuna. CFC-yhdisteiden sisältämä kloori tuhoaa stratosfäärin otsonia.

D

DDT, 112
Diklooridifenyylitrikloorietaani. Erittäin tehokas hyönteismyrkky, joka otettiin laajalti käyttöön koko maapallolla 1900-luvun jälkipuoliskolla. Aine on kuitenkin osoittanut erittäin vaaralliseksi orgaaniseksi ympäristömyrkyksi. DDT:n käyttö on kielletty useimmissa maissa, mutta sitä käytetään edelleen kehittyvissä maissa, erityisesti malaria-alueilla.

denitrifikaatio, *denitrication,* 60
Typpiyhdisteiden pilkkoutuminen anaerobisten denitrifikaatiobakteerien aineenvaihduntareaktioissa, jolloin typpikaasua vapautuu ilmaan.

dioksiinit, *dioxins,* 115
Hiilivetyjä, joiden klooratut muodot ovat pahoja orgaanisia ympäristömyrkkyjä eli niin kutsuttuja supermyrkkyjä.

dystrofinen järvi, *dystrophic lake,* 35
Humuspitoinen järvi, joka on yleensä ruskeavetinen ja niukkaravinteinen.

E

ekologia, *ecology,* 8
Biologian osa-alue, joka tutkii eliöiden levinneisyyteen ja runsauteen vaikuttavia tekijöitä eli eliöiden ja niiden ympäristön välisiä suhteita.

ekologinen jalanjälki, *ecological footprint,* 184
Kuvaa, kuinka suurta ekologisesti tuottavaa maa-aluetta tarvitaan yhden ihmisen kaikkien tarpeiden tyydyttämiseen.

ekologinen kapasiteetti, *ecological capacity*, 185
Biologisesti tuottava maa-ala asukasta kohti.

ekologinen käytävä, *ecological corridor,* 171
Etenkin kaupunkiekologiassa käytetty käsite, jolla tarkoitetaan esimerkiksi viheralueita, joita pitkin eliöt voivat siirtyä alueelta toiselle.

ekologinen selkäreppu, *ecological rucksack,* 185
Kuvaa tuotteen valmistamiseen, kuljettamiseen ja käyttöön tarvittavia luonnonvaroja, kun niiden summasta on vähennetty tuotteen oma paino.

ekologinen tehokkuus, *ecological efficiency,* 14
Hyötysuhde, jolla ravinto- eli energiapyramidin jokin porras sitoo ottamaansa energiaa biomassaansa eli siirtää sitä seuraavan portaan käyttöön.

ekolokero, *(ecological) niche*, 9
Ekolokero kuvaa eliön asemaa tai tehtävää ekosysteemissä. Ilmaisee tapaa, jolla eliö on sopeutunut ympäristöönsä ja miten hyödyntää sitä.

ekosysteemi, *ecosystem,* 9
Eliöiden ja niiden kanssa vuorovaikutuksessa olevan elottoman luonnon muodostama toiminnallinen kokonaisuus jollakin ympäristötekijöiltään jokseenkin yhtenäisellä alueella, esim. metsä, järvi, pelto, akvaario.

ekosysteemipalvelut, *ecosystem services*, 20
Luonnon ilmaiseksi tarjoamia, ihmiselle välttämättömiä aineellisia ja aineettomia palveluja.

ekotehokkuus, *eco-efficiency,* 185
Ekotehokkuus = hyödyt/panokset. Samalla raaka-aine-, materiaali- ja energiamäärällä pyritään tuottamaan enemmän.

ekotoksikologia, *ecotoxicology,* 119
Luonnossa esiintyviä ja sinne joutuvia myrkkyjä sekä niiden vaikutuksia tutkiva tiede.

elinkaariarviointi, *life-cycle assessment,* 185
Menettely, jossa selvitetään, mitä ympäristövaikutuksia tuotteella tai toiminnalla on koko sen elinkaaren aikana.

eliöyhteisö, *community,* 12
Tietyn alueen kaikkien eliöiden, kuten eläinten, kasvien, sienten sekä mikrobien populaatioiden muodostama toiminnallinen kokonaisuus.

ELY-keskus, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, *Centre for Economic Development, Transport and the Environment*, 190
Aluehallinnon viranomainen, jonka vastuualueita ovat elinkeinot, työvoima, osaaminen, liikenne, infrastruktuuri, ympäristö ja luonnonvarat. ELY-keskuksia on 15.

endeeminen laji, *endemic species,* 151
Laji, jonka luonnollinen levinneisyys kattaa vain tietyn suppeahkon alueen, esimerkiksi tunturisopuli Fennoskandiassa.

energian virtaus, *energy flow,* 14
Energian siirtyminen ekosysteemissä: energiaa sitoutuu eliöihin yhteyttämisessä, sitä siirtyy ravintoketjuissa kuluttajille ja hajottajille ja poistuu jokaisessa vaiheessa eliöiden kannalta käyttökelvottomassa muodossa eli lämpönä.

eutrofinen järvi, *eutrophic lake,* 35
Runsasravinteinen, rehevä järvi, jossa perus- ja jatkotuotanto ovat suuria.

F

factor-4, *Factor 4,* 186
Ekotehokkuutta kuvaava kerroin, jonka mukaan luonnonvarojen käyttöä tulisi tehostaa nelinkertaiseksi.

fosforin kierto, *phosphorus cycle,* 61
Fosforin kiertokulku maaperässä ja eliöissä.

fossiiliset polttoaineet, *fossil fuel*, 56
Uusiutumattomia energialähteitä, jotka ovat syntyneet muinoin eläneiden eliöiden jäänteistä. Fossiilisiin polttoaineisiin kuuluvat maaöljy, maakaasu ja kivihiili.

fotosynteesi, *photosynthesis,* 14
Yhteyttämistä valon avulla; kemiallisten reaktioiden sarja, jonka avulla kasvien viherhiukkasissa hiilidioksidista ja vedestä valmistuu Auringon valoenergian avulla glukoosia ja vapautuu happea, Auringosta peräisin olevaa energiaa sitoutuu biomassaan.

G

geenipankki, *gene bank,* 176
Elävien eliöiden, eläinten sukusolujen tai alkioiden, sienten itiöiden tai kasvien siemenien kokoelma, jonka tarkoituksena on säilyttää uhanalaisten lajien geneettinen materiaali, esim. eläintarhat, kasvitieteelliset puutarhat.

H

hajakuormitus, *scattered loading,* 80
Luontoon tuleva kemiallinen kuormitus, joka on lähtöisin useista pienistä päästölähteistä, kuten pelloilta, haja-asutuksesta tai liikenteestä.

hallittu hoitamattomuus, *benign neglect,* 44
Kaupunkien viheralueiden hoidossa käytetty käsite, joka tarkoittaa alueiden osittaista hoitoa perinteisin viherrakentamisen keinon ja osittain niiden jättämistä luonnontilaisiksi.

hapan laskeuma, *acid deposition,* 96
Fossiilisia polttoaineita poltettaessa syntyvät rikin ja typen oksidit, jotka laskeutuvat maahan joko kuiva- tai märkälaskeumana (hapan sade).

hapen kierto, *oxygen cycle,* 55
Hapen kiertokulku ilmakehässä, maaperässä ja eliöissä.

happamoituminen, *acidification,* 96
Ekosysteemien pH:n lasku, joka aiheutuu pääasiassa ihmisen ilmakehään päästämistä rikki- ja typpiyhdisteistä.

happikato, *oxygen debt,* 83
Veteen liuennut happi loppuu tai vähenee runsaan orgaanisen aineen hajoamisen takia.

happiradikaali, *oxygen radicals,* 130
Lyhytikäisiä, voimakkaita hapettimia, jotka ovat elimistölle haitallisia aineita.

harsuuntuminen, *reduced foliage,* 99
Havupuiden neulaskato, jota voivat aiheuttaa monet tekijät, esimerkiksi happamoittavat päästöt, taudit ja tuholaiset sekä säätekijät.

hiilen kierto, *carbon cycle,* 56
Hiilen kiertokulku ilmakehässä, maaperässä ja eliöissä. Nopeakiertoisella hiilellä tarkoitetaan maa- ja vesiekosysteemien biomassassa olevaa hiiltä. Hidaskiertoista hiiltä on pääasiassa fossiilissa polttoaineissa.

hiilihappo, *carbonic acid*, H_2CO_3, 56
Muodostuu hiilidioksidin liuetessa veteen ja reagoidessa veden kanssa. Hiilihaposta syntyy edelleen bikarbonaatti- (HCO3-) ja karbonaatti-ioneja (CO32-) ja samalla vapautuu vetyioneja, jotka aiheuttavat veden, esimerkiksi merten, happamoitumista.

hiilijalanjälki, *carbon footprint*, 184
1. Käsite, jolla mitataan tuotteen, toiminnan tai palvelun hiilidioksidipäästöjä tonneina (tai yleisesti kasvihuonekaasupäästöjä). 2. Osana ekologista jalanjälkeä tuotteen, toiminnan tai palvelun hiilidioksidi päästöjen sitomiseen tarvittavan maa-alan suuruus hehtaareina.

hiilinielu,
carbon sink, 56
Runsaasti hiiltä sitovat ekosysteemit, joista tärkeimpiä ovat meret, metsät ja suot.

hiukkassäteily,
particle radiation, 124
Radioaktiivisten aineiden ytimistä vapautuvaa säteilyä. Pysymätön atomiydin hajoaa niin, että siitä poistuu hiukkanen, jolloin ydin muuttuu toiseksi ytimeksi ja energiaa siirtyy hiukkasten liike-energiana.

humus, *humus*, 98
Tummaa, eloperäistä ainetta, joka on syntynyt eloperäisten ainesten hajotessa. Sisältää runsaasti humushappoja.

I

ilmastonmuutos,
climate change, 66
Pitkäaikaisen säätilan muuttuminen. Nykyisin muutos tarkoittaa ilmaston lämpenemistä, joka johtuu ihmisen aiheuttamasta kasvihuonekaasujen lisääntymisestä.

ionisoiva säteily,
ionic radioation, 125
Säteilyä, joka ”ionisoi” sähköisesti neutraalin atomin tai molekyylin irrottamalla siitä elektronin tai antamalla sille elektronin. Vaurioittaa solurakenteita.

J

jätevedenpuhdistus,
sewage treatment, 89
Yleensä kolmivaiheinen jätevesien puhdistusprosessi, johon kuuluvat mekaaninen, biologinen ja kemiallinen vaihe.

jäkäläautio, *lichen desert,* 99
Happamoitunut alue, jolla ei kasva lainkaan jäkäliä.

jätekeskus, *waste centre*, 188
Laitos, joka huolehtii toimialueensa jätteiden vastaanotosta, käsittelystä ja loppusijoituksesta. Tehtävänä on myös jäteneuvonta sekä jätteen synnyn ehkäisy sekä materiaalien kierrätyksen ja hyötykäytön edistäminen.

K

kansallispuisto,
national park, 174
Luonnonsuojelualue, joka on tarkoitettu yleiseksi luontonähtävyydeksi. Ihmiset saavat mm. liikkua, marjastaa ja sienestää alueella.

kapea-alainen,
stenotopic, 9
Eliö tai laji, jonka sietokyky joihinkin ympäristötekijöihin on vähäinen, sopii hyvin indikaattorilajiksi.

kasvihuoneilmiö,
greenhouse effect, 65
Luontainen ilmiö, jossa ilmakehässä olevat kaasut estävät lämpösäteilyn karkaamisen avaruuteen. Kasvihuoneilmiö on välttämätön maapallon elämälle. Ihminen lisää toimillaan kasvihuonekaasujen määrää ilmakehässä. Tärkeimpiä kasvihuonekaasuja ovat vesihöyry, hiilidioksidi, metaani ja CFC- yhdisteet.

kasvukausi, terminen kasvukausi, *growing season*, 25
Kasvukausi alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila on pysyvästi yli viisi astetta.

kaukokulkeutuminen,
long distance atmospheric pollution, 97
Päästöjen kulkeutuminen satojen tai tuhansien kilometrien päähän päästölähteistä.

kaupunkiekologia,
urban ecology, 41
1. Ekologian osa-alue, joka tarkastelee kaupunkiluonnon erityispiirteitä. 2. Kaupungeissa tehtävää ekologista tutkimusta.

kertyminen,
bioakkumulaatio,
bioconcentration, 107
Vedessä, ilmassa ja maaperässä esiintyvien aineiden, erityisesti raskasmetallien, kasaantuminen jonkin eliön kudoksiin. Aineiden määrä lisääntyy eliössä vähitellen, koska sen elimistö ei kykene hajottamaan niitä. Esimerkiksi simpukoiden kudoksiin kertyy runsaasti raskasmetalleja niiden suodattaessa vedestä ravintoa.

kestävä kehitys,
sustainable development, 182
Maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuva toiminta, joka turvaa nyt elävien ihmisten tarpeiden tyydyttämisen vaarantamatta tulevien sukupolvien mahdollisuutta tyydyttää omia tarpeitaan. Sisältää ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen ulottuvuuden.

kompostointi, *compost*, 62
Kotitalouksissa syntyvän orgaanisen jätteen eli biojätteen hajottamista pieneliöiden, kuten bakteerien ja sienien avulla.

kosteikko, *wetland*, 34, 154
Maa- ja vesiekosysteemien välimuotoja, esimerkiksi suot ja jokisuistot.

kriittinen kuormitus,
critical load, 98
Ympäristön suurin mahdollinen kuormitus, jossa luonnolle ei aiheudu vaurioita.

kuivalaskeuma,
dry deposition, 96
Ilmaan päätyneet rikin ja typen oksidit tulevat maahan sellaisenaan painovoiman vaikutuksesta.

L

luomuviljely, luonnonmukainen viljely, *organic farming*, 91,186
Elintarvikkeiden tuottamista ilman keinolannoitteita ja torjunta-aineita.

luonnonpuisto,
scientific reserve, 174
Luonnonsuojelualue, joka on varattu tutkimustarkoituksiin. Yleisön liikkuminen on kielletty tai ainakin tarkkaan säädeltyä.

luonnonsuojelu,
nature conservation, 170, 174
Eliöiden, ekosysteemien ja luonnonvarojen suojelua ja hoitoa. Käsitteenä suppeampi kuin ympäristönsuojelu, joka on ihmiskeskeisempää.

M

metapopulaatio,
metapopulation, 11
Lajin paikallisten populaatioiden muodostama kokonaisuus. Paikallispopulaatioiden välillä tapahtuu muuttoliikettä ja siten geenien vaihtoa. Paikallispopulaatiot voivat aika ajoin kuolla pois, mutta niiden elinympäristöt asutetaan uudelleen.

metsätyyppi, metsän kasvupaikkatyyppi, *forest classification*, 28
Kenttä- ja pohjakerroksen kasvilajien perusteella tehty metsien luokittelu. Metsän kasvupaikkatyyppejä ovat esim. tuore kangasmetsä ja lehto.

minimitekijä, *minimum factor* ,10, 58
Aine, esim. typpi, on kasvien kasvua rajoittava tekijä.

MIPS, *material input per service unit,* 186
Ekotehokkuuden mittari. Saadaan jakamalla tuotteeseen ja sen valmistukseen kuluva materiaalipanos käyttökertojen määrällä.

monimuotoisuuskeskus,
diversity hot spot, 151
Alue, jolla elää poikkeuksellisen monimuotoinen eliölajisto, esim. Uusi-Seelanti.

murtovesi, *brackish water*, 87
Vettä, jonka suolapitoisuus on välillä 0,05–3 %. Se on suolapitoisempaa kuin makea vesi, mutta vähäsuolaisempaa kuin varsinaisten valtamerten vesi. Esimerkiksi Itämeren vesi on murtovettä.

mykorritsa
Ks. sienijuuri.

märkälaskeuma, *wet deposition,* 97
Ilmaan päässeet typen ja rikin oksidit reagoivat veden kanssa, jolloin muodostuu rikki- ja typpihappoa joka tulee maahan happamana sadevetenä.

N

Natura 2000- verkosto, *Natura 2000 -network,* 174
Luonnonsuojelulle tärkeistä alueista perustettu verkosto koko EU:n alueella. Natura 2000 -verkosto pyrkii turvaamaan luontodirektiivissä määriteltyjen luontotyyppien ja lajien elinympäristöjä.

nitrifikaatio, *nitrification,* 59
Reaktio, jossa nitrifikaatiobakteerit muuttavat ammoniumtypen nitriitti- ja nitraatti-ioneiksi.

O

ohivirtaus, *energy outflow, respiratory heat loss,* 14
Energia, jonka kukin ravintoketjun lenkki tai energiapyramidin porras kuluttaa omiin elintoimintoihinsa (lähinnä hengitykseen).

oligotrofinen järvi, *oligotrophic,* 35
Niukkaravinteinen järvi.

optimi, *optimum,* 9
Edullisin ympäristö eliön lisääntymiselle, kasvulle ja kehitykselle; sietoalueen kohta, jossa kemiallisen tai fysikaalisen tekijän määrä on eliön kannalta paras.

otsonikerros, *ozone layer,* 129
Stratosfäärissä oleva otsoni (O_3), joka esiintyy noin 15–25 kilometrin korkeudella. Otsonikerros absorboi suuren osan auringon UV-säteilystä.

P

PAH-yhdisteet, *polyaromatic hydrocarbons,* 117
Polyaromaattiset hiilivedyt ovat rasvaliukoisia orgaanisia ympäristömyrkkyjä, jotka aiheuttavat mm. syöpää.

PCB, *polychlorinated biphenyls,* 114
Polyklooribifenyylit ovat suuri ryhmä ihmisen valmistamia yhdisteitä, jotka ovat osoittautuneet vaarallisiksi orgaanisiksi ympäristömyrkyiksi.

perinneympäristö, *rural biotope,* 174
Perinteisten maankäyttötapojen, kuten laidunnuksen, muovaamia ympäristöjä. Esimerkiksi niityt ja kedot.

pistekuormitus, *point-loading,* 81
Luontoon tuleva päästö, joka voidaan selvästi paikallistaa. Pistemäisiä kuormittajia ovat esimerkiksi jäteveden puhdistamot ja tehtaat.

plankton, keijusto, *plankton*, 83
Yhteisnimitys vedessä vapaasti eläville, yleensä mikroskooppisen pienille eliöille, jotka liikkuvat veden virtausten mukana. Jaetaan kasviplanktoniin ja eläinplanktoniin.

podsolimaannos, *podzol*, 25
Maannostyyppi, jota esiintyy havumetsävyöhykkeellä.

populaatio, *population,* 10
Samanaikaisesti tietyllä alueella elävät saman lajin yksilöt, joiden on mahdollista lisääntyä keskenään.

POP-yhdiste, *persistent organic pollutant,* 116
Orgaanisia yhdisteitä, jotka ovat erittäin hitaasti hajoavia, kaukokulkeutuvia ja eliöihin kertyviä. POP-yhdisteet kertyvät rasvaliukoisina helposti eliöihin ja rikastuvat ravintoketjussa.

puskuri(kyky), *buffer,* 98
Liuoksen kyky estää tai pienentää pH:n muuttumista. Esimerkiksi kallio, maaperä tai vesi voivat sitoa vetyioneja eli vastustaa happamoitumista.

pöytävierassuhde, *commensalism*, 12
Lajien suhde, josta on toiselle (pöytävieras, commensal) hyötyä, ja joka on toiselle (isäntä, host) yhdentekevä.

R

radioaktiivinen aine, *radioactive material*, 124
Radioaktiivisen aineen ydin lähettää säteilyä. Säteily voi olla alfa- , beeta tai gammasäteilyä.

raskasmetalli, *heavy metal,* 109
Ryhmä metalleja, joiden tiheys on suuri ja jotka ovat usein myrkyllisiä jo pieninä pitoisuuksina. Raskasmetalleihin kuuluu noin 60 alkuainetta, esim. kadmium, lyijy, kupari, tina ja elohopea.

ravintoketju, *food chain*, 14
Ekologinen suhde, joka yhdistää kasveja, niitä syöviä kasvinsyöjäeläimiä ja niitä edelleen syöviä petoja sekä kaikkien edellä mainittujen eliöiden hajottajia. Ravintoketjulla kuvataan energian virtausta ja aineen kiertoa.

rehevöityminen, *eutrophication,* 82
Ravinteiden, erityisesti typen ja fosforin, määrän lisääntyessä tapahtuva kasvien ja levien perustuotannon lisääntyminen. Sitä voi seurata hajottajien toiminnan vilkastuminen, joka saattaa johtaa happikatoon.

reunavaikutus, *edge effect,* 141
Ilmenee eri ekosysteemien rajalla siten, että eliöiden lajimäärä ja yksilötiheys ovat suurempia kuin kummankaan ekosysteemin sisällä, esim. pellon ja metsän raja-alueella.

rikastuminen ravintoketjussa, *biomagnification,* 108
Vierasaineiden, kuten ympäristömyrkkyjen, kasaantuminen ravintoketjussa. Mitä korkeammalla ravintoketjussa eliö on, sitä suuremman annoksen kemiallista ainetta se saa ravinnon mukana kudoksiinsa.

S

saariteoria, *island theory*, 140
Saarten lajimäärät ovat suoraan verrannollisia saarten kokoon ja kääntäen verrannollisia niiden etäisyyteen leviämiskeskuksista.

sateenvarjolaji, *umbrella species*, 176
Eliölaji, jonka ympäristövaatimukset ovat sellaiset, että sen suojelu edistää muidenkin lajien elämää. Esim. valkoselkätikan elinympäristössä elää muita suojelun arvoisia lajeja.

sienijuuri, mykorritsa, *mycorrhiza*, 99
On kasvin juuren ja sienirihmaston yhdessä muodostama rakenne, josta on hyötyä kummallekin osapuolelle. Kasvi antaa sienelle fotosynteesissä valmistamaansa sokeria ja sieni antaa kasville vettä ja ravinteita. Esimerkiksi kantarellilla ja koivulla on sienijuuri.

sietoisuus, *tolerance,* 9
Eliön kyky kestää ympäristötekijöiden vaihtelua.

sisäinen kuormitus, *internal load,* 83
Vesistöjen, kuten Itämeren, pohjaan kertyneet ravinteet voivat olosuhteiden muuttuessa muuttua uudelleen liukoiseen muotoon, jolloin ne ovat yhteyttävien eliöiden käytössä ja lisäävät näin vesistön ravinnekuormitusta.

sisäsiittoisuus, *inbreeding,* 167
Keskenään lisääntyvät yksilöt ovat läheistä sukua toisilleen. Lisää haitallisten ominaisuuksien periytymistodennäköisyyttä ja vähentää perinnöllistä muuntelua.

sukkessio, suksessio, *succession,* 13
Alueen eliöyhteisön lajikoostumuksen vähittäinen, ajallinen muuttuminen.

sukupuuttoaalto, massasukupuutto, *mass extinction,* 159
Ajanjakso, jolloin lajeja kuolee sukupuuttoon hyvin runsaasti.

sukupuuttovelka, *extinction debt*, 159
Lajien reagoiminen viiveellä ympäristön negatiivisiin muutoksiin.

suolavesipulssi, *salt water pulse*, 85
Pohjanmerestä tulevan suolapitoisemman veden voimas virtaus Itämereen.

suotyyppi, *mire type,* 33
Suokasvillisuuden luokitteluun ja rajaamiseen luotu käsite.

suoyhdistymätyyppi, *combined mire type,* 33
Eri suotyyppien muodostama suoyhdistymä, jossa on toisiaan muistuttavia alueita. Esim. keidassuot, aapasuot tai palsasuot.

supermyrkky, *superpoison,* 115
Erityisen myrkyllinen kemikaali, joka jo vähäisenä määränä riittää tuhoamaan eliön. Supermyrkky voi olla peräisin elollisesta luonnosta, kuten eräät bakteerien tuottamat myrkyt, tai ne voivat olla ihmisen valmistamia, kuten klooratut dioksiinit.

syanobakteeri, *cyanobacteria,* 58, 84
Alkeiseliöihin kuuluva esitumallinen eliöryhmä. Syanobakteerit ovat omavaraisia, eli ne yhteyttävät. Aiemmin niistä on käytetty yleisesti nimi-tystä sinilevät.

SYKE, Suomen ympäristökeskus, *Finnish Environment Institute*, 190
Valtion ympäristöhallintoon kuuluva tutkimus- ja asiantuntijalaitos, joka tarjoaa yhteiskunnan kestävän kehityksen kannalta tarpeellista tietoa, osaamista ja palvelua.

sähkömagneettinen säteily, *electromagnetic radioation,* 124
Aaltoliikettä, joka muodostuu muuttuvista sähkö- ja magneettikentistä. Lyhytaaltoinen sähkömagneettinen säteily sisältää enemmän energiaa kuin pitkäaaltoinen.

T

tulokaslaji, *invasive species*, 13
Laji, joka ei ole alueella alkuperäinen. Se on levinnyt alueelle melko äskettäin joko itsestään tai ihmisen vaikutuksesta.

typen kierto, *nitrogen cycle,* 58
Typen kiertokulku eliöissä, maaperässä, vesissä ja ilmakehässä. Hajottajat muuttavat orgaaniset typpiyhdisteet, kuten proteiinit, epäorgaanisiksi nitraateiksi ja nitriiteiksi, joita yhteyttävät eliöt kykenevät käyttämään. Eräät bakteerit kykenevät sitomaan ilmakehän typpeä.

U

uhanalainen laji, *threatened species,* 159
Eliölaji, joka on vaarassa hävitä joltakin alueelta tai kuolla sukupuuttoon, yleensä ihmisen toiminnan seurauksena.

UV-säteily, ultravioletti-säteily, *UV radioation,* 130
Sähkömagneettisen spektrin osa, jonka aallonpituus on lyhyempi kuin näkyvän aallon. UV-säteily jaetaan yleensä kolmeen alueeseen aallonpituuden perusteella:
UVA 315–400 nm,
UVB 280–315 nm,
UVC 10–280 nm.

V

Valuma-alue, *drainage basin*, 84
Se alue, josta vesistö saa vetensä.

vieraslaji, *alien species, introduced species*, 13
Sellainen luontoon levinnyt tulokaslaji, joka ei olisi pystynyt leviämään alueelle itsestään, vaan se on levinnyt sinne ihmisen tietoisella tai tahattomalla vaikutuksella.

Y

ympäristöekologia, *environmental ecology,* 8
Ekologian osa-alue, joka tutkii ihmisen vaikutuksia luonnon ekologisiin prosesseihin.

ympäristömerkki, *ecolabel*, 187
Esim. pohjoismainen Joutsenmerkki kertoo kuluttajalle tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista. Tuote, jolle merkki on myönnetty, on ympäristöystävällisempi kuin merkitsemätön tuote.

ympäristömyrkky, *environmental poison,* 107
Kemiallinen aine, joka luontoon levitessään vaurioittaa soluja, vaikuttaa haitallisesti yksilöiden elintoimintoihin ja vahingoittaa ekosysteemin ravintoverkostojen rakenteita ja toimintoja.

ympäristön kantokyky, *carrying capacity,* 11
Ympäristöresurssien säätelemä suurin populaatiotiheyden taso tietyllä alueella tai tietyssä ympäristössä. Populaation kasvu voi ylittää kantokyvyn määräämän rajan vain tilapäisesti.

ympäristön vastus, *environmental resistance,* 11
Yhteisnimitys populaation kasvua hillitseville tekijöille.

ympäristönsuojelu, *environment conservation,* 151, 170
Toimintaa, joka tähtää luonnonvaraisten ekosysteemien suojelemiseen ihmisen aiheuttamilta haitallisilta muutoksilta sekä pyrkii ylläpitämään ihmisen ja luonnon välistä tasapainoa. Ympäristönsuojeluun kuuluvia osa-alueita ovat klassinen luonnonsuojelu, maisemanhoito, luonnon virkistyskäyttö, ympäristönhoito sekä luonnonvarojen suojelu ja hoito.

ympäristöongelma, *environmental problem,* 15
Ihmisen aiheuttama muutos ympäristössä, joka koetaan haitaksi.

YVA, ympäristövaikutusten arviointimenettely, *environmental impact assessment*, 190
Suuria rakennushankkeita (esim. moottoriteitä, kaatopaikkoja, voimalaitoksia.) edeltävä, mahdollisten ympäristövaikutusten selvitystyö. Tavoitteena on vähentää tai estää haitallisia vaikutuksia.

Valokuvien oikeudet

Kannen kuvat:
pohjakuva: Sanoma Pro Oy
sammakko: Panthermedia

Alloverpress / Alamy / Ashley Cooper Pics: s. 75 alh. oik.,
Alloverpress / Alamy / Jaubert Images: s. 123,
Alloverpress / Alamy / Neil Cooper: s. 164,
Alloverpress / Alamy / Scott Kemper: s. 168 kesk.,
Alloverpress / Alamy / Barry Lewis: s. 185 vas.,

Geologian tutkimuskeskus / Heikki Tanskanen: s. 25 alh.,

Getty Images / Asahi Shimbun: s. 128,

Mervi Holopainen: s. 35 ylh. ja alh. , 104, 165 ylh.,

Seija Hällfors / SYKE: s. 83 alh.

Istockphoto: s. 46 ylh.,

Joensuun yliopisto, Mekrijärven tutkimusasema: s. 69 ylh.

Lauri Järvinen: s. 19,

Johanna Kainu: s. 31 alh., vas., 39 alh. oik., 45 alh. vas.,

Anita Kokkila: s. 28 alh. oik., 31 alh. oik., 32 ylh., 32 alh. oik., 43 (piharatamo), 45 ylh. ja alh. oik., 62 alh. oik., 94 ylh. ja alh., 100, 139 kesk. oik., 154, 188,

Kuvaliiteri / Heimo Rajaniemi: s. 13 kesk. vas., 90,
Kuvaliiteri Niko Pekonen: s. 16 alh.,
Kuvaliiteri / Reijo Lähteenmäki: s. 26 ylh. oik.,
Kuvaliiteri / Antti Koli: s. 60 kesk. oik. , 87 alh. vas.,
Kuvaliiteri / Reijo Juurinen: s. 60 alh.,
Kuvaliiteri / Hannu Eskonen: s. 63 kesk. vas., 175 kesk. vas.,
Kuvaliiteri / Risto Antikainen: s. 92 ylh.,
Kuvaliiteri / Heikki Ketola: s. 92 alh.,
Kuvaliiteri / Erkki Makkonen: s. 111,
Kuvaliiteri / Reijo Salminen: s. 175 alin,
Kuvaliiteri / Markus Varesvuo: s. 177,

Kuvatoimisto Vastavalo: s. 6 alh., 13 kesk. oik., 25 ylh., 26 kesk. vas., 29, 30, 32 ylh. kesk., 42, 43 ylh. vas. (pihasaunio), 53 alh., 54, 81, 85, 87 alh. oik., 91, 110 vas., 119 alh., 126, 155 alh., 178 alh. oik.,
Kuvatoimisto Vastavalo / Jari Kurvinen: s. 12,
Kuvatoimisto Vastavalo / Joni Niemelä: s. 13 vas.,
Kuvatoimisto Vastavalo / Jaakko Vähämäki: s. 27,
Kuvatoimisto Vastavalo / Eero Vilmi: s. 28 alh. vas.,
Kuvatoimisto Vastavalo / Iikka Eklund: s. 34,
Kuvatoimisto Vastavalo / Tomi Setälä: s. 38 alh. oik., (telkkä),
Kuvatoimisto Vastavalo / Ari Andersin: s.58,
Kuvatoimisto Vastavalo / Eemeli Peltonen: s. 132,
Kuvatoimisto Vastavalo / Juha Määttä: s. 170,
Kuvatoimisto Vastavalo / Hannu Huovila: s. 178 vas,

Jukka Laine: s. 17 ylh.,

Maurice Leponce / Institute of Natural Sciences: s. 146

Lehtikuva / Heikki Saukkomaa: s. 46 alh.,
Lehtikuva / Riku Isohella: s. 48 kesk.,
Lehtikuva / Hannu Vallas: s. 49 ylh.,
Lehtikuva / Pekka Sakki: s. 61,
Lehtikuva / AP / Shooting Panama / Rick Sammon: s. 71 alh. vas.,
Lehtikuva / Scanpix Sweden / Rickard Gillberg: s. 80,
Lehtikuva / Jussi Nukari: s. 116,
Lehtikuva / Reuters / Toshiyuki Aizawa: s. 127,
Lehtikuva / Reuters / Kim Kyung-Hoon: s. 129 kesk. vas.,
Lehtikuva / AP / University of the Ryukyus / Masaki Iwata: s. 134 vas.,
Lehtikuva / AP / University of the Ryukyus / Chiyo Nohara: s. 134 oik.,
Lehtikuva / Reuters / Hart JA & Detwiler KM & Gilbert CC: s. 140,

Leuku / Jorma Luhta: s. 24, 38 kesk. (metso), 40, 75 alh. vas.,
Leuku / Hannu Hautala: s. 37 alh. oik.,
Leuku / Martti Saiha: s. 115,
Leuku / Gary Wornell: s. 174–175,

Marcel Maltzeff: s. 175 ylin,

Mostphotos: s. 181,

MVphotos / Nature Picture Library / Ole Jorgen Liodden: s. 138,
MVphotos / Nature Picture Library / Jurgen Freund: s. 144,
MVphotos / Nature Picture Library / Mark Carwardine: s. 151,
MVphotos / Nature Picture Library / Bristol City Museum: s. 159,
MVphotos / Nature Picture Library / Bence Mate: s. 161 kesk.,
MVphotos / Nature Picture Library / Miles Barton: s. 168 alin,
MVphotos / Nature Picture Library / Andy Sands: s. 175 kesk. oik,

Jussi Murtosaari: s. 9, 47, 114, 139 alh. vas ja oik., 141, 163 (rupilisko, muuttohaukka),

Panthermedia: s. 7 ylh. vas., 21, 22 alh. oik., 26 kesk. oik. ja alh., 53 ylh. ja kesk. vas., 67, 70, 72 alh. oik., 73 alh., 96, 102, 108 (hylje, lohi, silakka), 133, 136–137 pohjakuva, 136 kesk. oik., 137 ylin ja kesk. vas., 142, 143, 145, 150, 156 (ylin, toiseksi yli ja alin), 158, 160 alh., 162, 163 (saukko, ahma), 165 alh., 166, 185 oik.,

Plugi: s. 22 alh. kesk., 37 alh. vas., 38 alh. vas. (peippo), 71 kesk. oik., 83 kesk., 112 ylh., 179 alh.,

Sanoma Pro Oy: s. 7 ylh. oik. ja kesk., 36, 52 kesk., 76, 118, 131 alh. oik., 137 kesk. oik. ja kesk alin, 156 (merisiili), 176, 183 kesk. oik ja alh. oik., 186 kesk., 187,
Sanoma Pro Oy / Kari Hirvo: s. 20, 32 kesk. vas., 35 kesk., 38 kesk. oik. (metsätähti), alh. vas. (jäkälä), 63 kesk. oik., 65, 71 alh. oik., 73 kesk., 163 (kangasajuruoho), 167,

Sanoma Pro Oy / Anita Kokkila: s. 6–7 pohjakuva, 6 kesk., 38 kesk. vas. (kanerva), 43 alh. oik. (jättipalsami), 44 ylh., 48 alh., 50 alh. vas. ja oik., 53 kesk. oik., 60 kesk. vas., 129 alh. vas., 161 ylh. oik., 179 kesk., 184, 186 alh. vas. ja oik.,
Sanoma Pro Oy / Toivo G. Utriainen: s. 28 alh. toinen vas., 52–53 pohjakuva, 110 alh., 173,
Sanoma Pro Oy / Eveliina Mustonen: s. 32 alh. vas.,
Sanoma Pro Oy / Helena Hagberg: s. 32 kesk. oik.,
Sanoma Pro Oy / Mia Saarinen: s. 41, 86 ylh.,
Sanoma pro Oy / Laura Reunanen: s. 50 alh. kesk., 183 kesk. vas.,
Sanoma Pro Oy / Hanna Anttila: s. 99 alh. vas.,
Sanoma Pro Oy / Kari Marjanen: s. 155 ylh.,
Sanoma Pro Oy / Olli Karttunen: s. 183 alh. vas.,

Panu Sotkas: s. 28 alh. toinen oik., s. 82, 86 alh., 108 (eläinplankton),

Suomen kuvapalvelu / Corbis / Frank Lucasseck: s. 7 alh.,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Imagesource: s. 8,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Rick Price: s. 10,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / NASA: s. 18,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / D. Sheldon / F1 Online: s. 22 alh. vas.,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Stocktrek Images: s. 52 alh.,
Suomen kuvapalvelu / Corbis: s. 97,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Momatiuk Eastcott: s. 107,
Suomen kuvapalvelu / Corbis Visuals / Philip Sze: s. 108 alin,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Michael S. Yamashita: s. 109,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Bettman: s. 113,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Martin Harvey: s. 117,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Galen Rowell: s. 119 ylh.,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Cultura / Frank & helena: s. 131 alh. vas.,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Visions / Joseph Sohmy: s. 136 alin,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / National Geographic Society / David Doubilet: s. 149,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Construction Photography: s. 152–153,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Bob Krist: s. 161 alh.,
Suomen kuvapalvelu / Corbis / Aurora Photos / Peter Essick: s. 182,
Suomen kuvapalvelu / Minden Pictures / Filip Nicklin: s. 15,
Suomen kuvapalvelu / Minden Pictures / Nigel Cattlin: s. 94 kesk.,
Suomen kuvapalvelu / Minden Pictures / Luciano Candisani: s. 160 ylh.,
Suomen kuvapalvelu / Science Photo Library / NASA: s. 69 alh.,
Suomen kuvapalvelu / Science Photo Library / Astrid & Hans-Frieder Michler: s. 72 alh. vas.,
Sanna Tarmi: s. 39 alh. vas., 62 alh. vas.,

Tommi Taipale: s. 112 alh.,

Juha Venäläinen: s. 16 ylh., 43 (rentohaarikko, pihatatar, punasolmukki, pihatähtimö), 44 alh., 49 alh., 99 oik.,

Anu Wulff: s. 17 alh.

Piirrosten oikeudet

Johanna Kainu: 39 vas.,

Kauko Kyöstiö / Spatio Oy: s. 11 alh., 25 ylh., 27, 28, 33, 38, 39 oik., 68 oik., 72, 73, 77 oik., 78, 81, 82, 84, 85, 87, 89, 94, 97, 98, 103, 111, 118, 120, 121 vas., 129, 131, 142–143, 148, 151, 152, 167, 168 ylh., 172 alh. 173,

Pekka Könönen / Picman Oy: s. 9, 10, 11 ylh., 14, 66, 77 vas., 86, 88, 90, 93, 101, 121 oik., 124, 125, 126, 130, 133, 141, 147, 155, 156, 166, 169, 171,

Thomas Lindroos: s. 57,

Sole Lätti: s. 55, 56, 59, 61,

Oulun jätehuolto: s. 188 alh.,

Maia Raitanen: 100,

Ralf Westerlund: s. 25 alh., 68 vas., 189